

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Архитектура производственных объектов
и архитектурные конструкции»

С. Г. Пинчук

СОВРЕМЕННЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»
и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2017

УДК [624. 01+721.11] (075.8)

ББК 38. 4я7

ПЗ2

Рецензенты:

А. И. Корбут, О. М. Быковский

Пинчук, С. Г.

ПЗ2 Современные архитектурные конструкции : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура» и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн» / С. Г. Пинчук. – Минск : БНТУ, 2017. – 94 с.
ISBN 978-985-550-441-3.

В учебно-методическом пособии «Современные архитектурные конструкции» выявлены роль и значимость конструкций в формировании архитектурного образа зданий на материалах отобранных нами объектов современной мировой архитектуры, основываясь на их взаимозависимости и взаимообусловленности.

УДК [624. 01+721.11] (075.8)

ББК 38. 4я7

ISBN 978-985-550-441-3

© Пинчук С. Г., 2017

© Белорусский национальный
технический университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

В учебно-методическом пособии за период творческого учебного процесса со студентами архитектурных специальностей архитектурного факультета БНТУ *определен и найден* «отфильтрованный» архитектурной выразительностью, индивидуальностью и привлекательностью *ряд современных зарубежных объектов* как гражданской, в первую очередь общественных зданий, так и промышленной архитектуры. К объектам такого рода, которые и послужили основой данного пособия, относятся: аэропорты, вокзалы, транспортные станции, административные и культурно-просветительные центры, автоцентры знаменитых производителей автомобилей, музеи, разнообразные центры общений, промышленные здания и сооружения.

Предпринята попытка на примере отобранных объектов мировой, в основном европейской, практики проектирования зданий и сооружений *раскрыть и подчеркнуть неразрывную связь между конструктивным исполнением, выбором материала составляющих элементов и общей концепцией архитектурного образа, объемно-пространственного решения, композиционной и художественной выразительностью здания.*

Взаимоформирующие принципы всегда находят свое отражение и постоянное развитие ведущими архитекторами современности, в первую очередь такими как *Николас Гримшоу (Nicholas Grimshaw), Норман Фостер (Norman Foster), Сантьяго Калатрава (Santiago Calatrava), Ренцо Пьяно (Renzo Piano), дуэт Кууп Чимельбау (Coop Himmelb(l)au) Вольф Прикс (Wolf D. Prix) и Хельмут Свицински (Helmut Swiczinsky), Жак Герцог (Jacques Herzog) и Пьер де Мерон (Pierre de Meuron), Хельмут Ян (Helmut Jahn), Заха Хадид (Zaha Hadid). И эта взаимобусловленная связь становится порой основным средством семантической выразительности зданий и комплексов, как например, в культурном центре Новой Каледонии архитектора Ренцо Пьяно, в пассажирском терминале – комплексе международного аэропорта Бангкок, в Таиланде, архитектора Хельмута Яна или в здании школы Цюриха, в Швейцарии архитектора Кристиана Кереза.*

Для анализа конструктивных решений представленных объектов, часто экстравагантных и неординарных, обязательны схемы планов и разрезов. Далее раскрываются фрагменты разрезов в более крупном масштабе и основные характерные узлы, детали и элементы конструкций рассматриваемого объекта. Цветные иллюстрации объемных разрезов, конструктивных систем, объемно-пространственных решений, фасадов и интерьеров объектов, а также их фотографии в процессе строительства *дают дополнительную доступную полезную информацию* о несущих и ограждающих конструкциях данного сооружения, их форме, материалах, узлах крепления, фактуре, колористическом решении. Выполненные с различных ракурсов они порой *компенсируют недостающие графические материалы* и ортогональные проекции узлов.

Некоторые с особо сложной пространственной структурой формирования объекты, как например, музей «Мерседес-Бенц» в Штутгарте с плавно перетекающими переходными объемными формами с горизонтали на вертикаль (так

называемые «твисты»), используя только традиционные планы и разрезы, постичь предельно сложно и практически невозможно без дополнительной 3D графической информации и съемок в период строительства.

Появление данного учебно-методического пособия стало возможным благодаря *высочайшему профессиональному мастерству авторского коллектива журнала DETAIL*. Не одно поколение студентов нашего факультета на протяжении десятилетий обучаются по материалам данного журнала, который стал, как мы могли наблюдать, настольной книгой студентов европейских архитектурных учебных учреждений, и постоянно ждут новых поступлений. *DETAIL продолжает быть мировым лидером в передаче новейшей профессиональной информации с присущей им «скупупулёзной дотошностью»* подачи разработки конструктивной части проектов и построек Европы и мира, освещая современные решения и тенденции их конструирования.

Студентам на начальной стадии проектирования в творческом процессе формообразования, когда зарождаются первые прорисовки образа объекта и начинает формироваться объем, *важен поиск соответствия образа основным несущим конструктивным составляющим*, а также выбор видов и типов конструктивных систем, материала, объемных параметров конструктивных элементов. *Данная работа призвана помочь им раздвинуть рамки своего видения взаимозависимости и взаимоподчинённости конструктивного и образного пространственного мышления*, которое по словам Хельмута Яна и зовётся «Архи-неринг» (*Archi-Neering*) – *когда архитектор и инженеры говорят на одном и том же языке: архитектор несёт ответственность за технические последствия формообразования своего дизайна, а инженеры учитывают эстетические аспекты своих решений*.

Затронутые концепции будут существенно влиять на дальнейшее развитие архитектурно-конструктивных решений отечественных зданий в будущем и потребуют от архитекторов более углубленных знаний в сфере конструирования объектов и сооружений.

Материалы пособия актуальны также в связи с переходом Республики Беларусь на европейские нормы проектирования.

Учебно-методическое пособие по практике проектирования современных зарубежных объектов прежде всего предназначено для *дипломного и курсового архитектурного проектирования*. Они будут полезны также для работы самого широкого круга учащихся, студентов и преподавателей архитектурных и дизайнерских учебных заведений и архитекторов проектировщиков.

1. МУЗЕЙ АКАДЕМИИ НАУК В САН-ФРАНЦИСКО

Музей Академии наук Сан-Франциско – один из выдающихся природных музеев, мировой лидер в области научных исследований естественного мира. Был основан в 1853 г., пострадал от землетрясения в 1989 г. Новое здание Академии – олицетворение её истории, приверженности продвижению научных знаний, сохранения природных ресурсов Земли – располагается в парке Золотые ворота в Сан-Франциско, открылось для публики в 2008 г. *Главный аттракцион музея – «живая крыша». Ее площадь составляет почти гектар, на котором растут порядка двух миллионов растений.* Автор проекта музея – знаменитый архитектор Ренцо Пьяно (рис. 1.1). Его отличительный знак – «живая крыша», не только позволяет зданию органично вписаться в окружающий ландшафт парка *Golden Gate*, но и служит энергосберегающим элементом (рис. 1.2–1.4). Семидюймовый (17,78 см) слой почвенного субстрата, покрывающий крышу здания, действует как естественный изолятор. *Ключевым аспектом для проектировщиков стала экологическая устойчивость здания.* Структура здания во многих частях прозрачна, что визуально объединяет его с Золотым Парком, это совсем не похоже на традиционную концепцию музея с глухими стенами и затемненными помещениями. *По словам автора: «часть парка поднята и здание помещено под неё».* Необходимую степень затемнения удастся создать благодаря навесу, на котором установлены солнечные панели.

В здании находится *четырёхъярусный дождевой лес*, покрытый стеклянным куполом. Сквозь экспозицию ведет спиральная тропа, создающая иллюзию настоящих джунглей. Здесь обитают 1600 животных, 100 экзотических рептилий, а над всем этим свободно летают 600 птиц и бабочек.

Планетарий и шар, в котором создан микроклимат тропического леса, размещены в двух больших сферах, крыша которых снаружи покрыта зеленью. Посетители могут даже прогуляться по этому искусственному ландшафту, правда, только по определенной тропинке.

Планетарий Моррисона – один из крупнейших планетариев в мире. Видят научно достоверное цифровое изображение 290 посетителей планетария, которое проецируется на купол диаметром 24 м, наклоненный на 30°. Бесшовно соединены изображения нескольких проекторов.

Экспозиция *«Планета воды»* – основа нижнего уровня академии – демонстрирует неразрывную связь между водой и жизнью. Там разместились 380-тонный аквариум калифорнийского побережья и 800-тонный аквариум, представляющий филиппинский коралловый риф. Впервые удалось воссоздать в искусственных условиях самый глубоководный в мире коралловый риф. Предлагаются прогулки по дну Амазонки – по подземному тоннелю, где над головой плавают пираньи.

Открыты естественному освещению 90 % помещений. Автоматизирована система освещения, окна автоматически открываются или закрываются в соответствии с потребностями. Для теплоизоляции здания вместо традиционных синтетических материалов использован прессованный хлопок, полученный пу-

тем вторичной переработки отслуживших свое джинсов. Этот материал обеспечивает улучшенную тепло- и звукоизоляцию.

Используется возобновляемая энергия: 60 000 солнечных панелей, установленных на крыше, производят 213 000 кВт чистой энергии в год (это покрывает 5 % потребностей здания). Благодаря светопрозрачным стенам и 60 000 встроенным в кровельное покрытие окнам посетители могут из любого зала музея любоваться парком и естественной игрой красок при смене сезонов. Дождевая вода используется для слива в туалетах, соленая вода для аквариума подкачивается напрямую из океана. С помощью специальной системы очистки от нитратов воду в аквариуме можно будет использовать повторно; около 90 % отходов строительных материалов были применены повторно – для строительства дорог.

Интригу архитектурного образа сооружения создаёт неразрывная «живая» авторская линия выпуклых и провисающих объёмов, объединяющая две доминирующие сферы, значительно выступающие за пределы зеленого ковра крыши и несущие ванты центральной площади. Пространственная конструкция в виде сетчатого купола диаметром более 24 м над обеими сферами тропического леса и планетарием выполнена из криволинейных несущих стальных двутавровых балок, скрепленных болтами, выверенных по верхним плоскостям, плавно переходящих в простой прямоугольный объем здания (рис. 1.5 а, б). На нее опирается слоистый пирог зеленой крыши с основанием из монолитного бетона (рис. 1.6 а, 1.7).

Висячими легкими вантовыми пространственными конструкциями эффективно перекрыта центральная площадь. Ажурные двухпоясные вантовые фермы с провисающим нижним поясом и жесткими стойками-распорками между поясами образуют основу системы несущих конструкций покрытия. За счет приподнятых стоек над верхним поясом ферм и спайдерной системы крепления стеклянной крыши светопрозрачное ограждение с легкостью парит над тонкой паутиной несущих и стабилизирующих вант и стоек (рис. 1.5 г, д, е, 1.6 б).

Датчик кранов в ванных комнатах снимает показания после каждого использования. *Проточная вода используется турбинами для выработки электроэнергии и зарядки аккумуляторной батареи, подзарядки сенсорных кранов. Радиант напольного отопления уменьшает потребности в энергии на 5–10%. Системы рекуперации улавливает тепло, вырабатываемое оборудованием вентиляции и кондиционирования.*

В 2008 г. USA Green Building Council опубликовал свой официальный рейтинг для новой академии, врученный Ренцо Пьяно (архитектор объекта с наивысшей возможной сертификацией: LEED Platinum). Академия стала самым крупным общественным зданием в мире имеющим рейтинг Platinum с общей суммой в 54 балла.





Рис. 1.1. Общий вид нового здания музея Академии наук Сан-Франциско с двумя доминирующими сферами планетария и тропического леса, провисающим объемом центральной площади, главным аттракционом – «живой крышей»

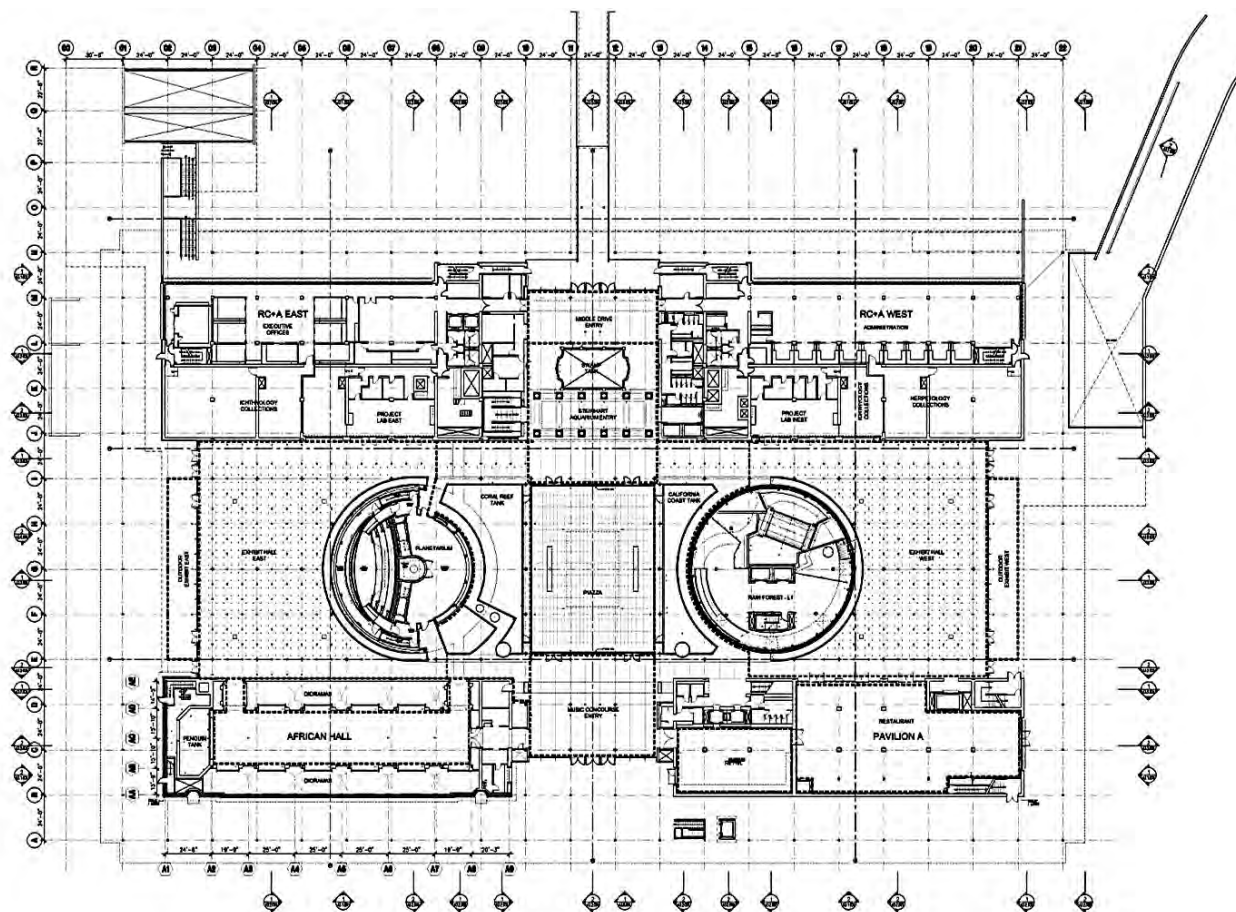


Рис. 1.2. План 1 этажа

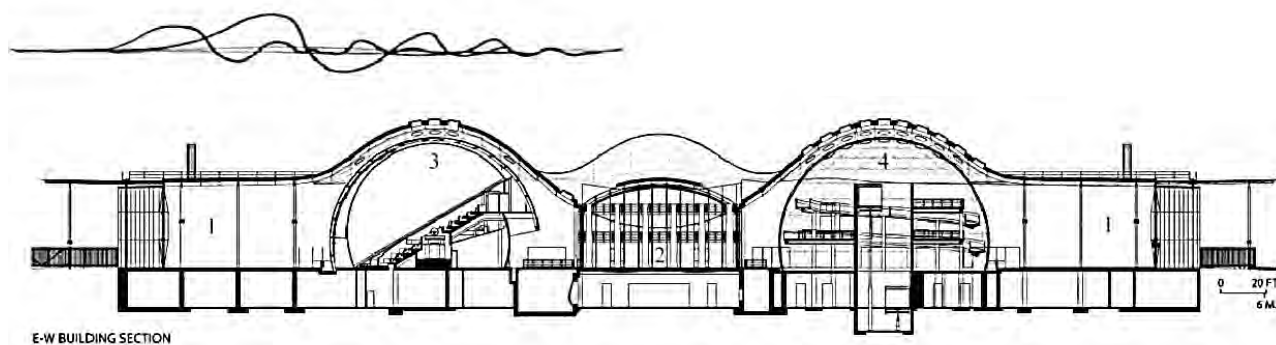


Рис. 1.3. 3D модель разреза: 1 – выставочное помещение; 2 – центральная площадь; 3 – планетарий; 4 – тропический лес



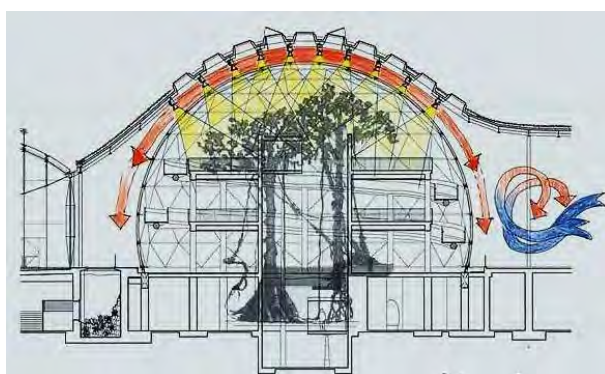
a



б



в



г

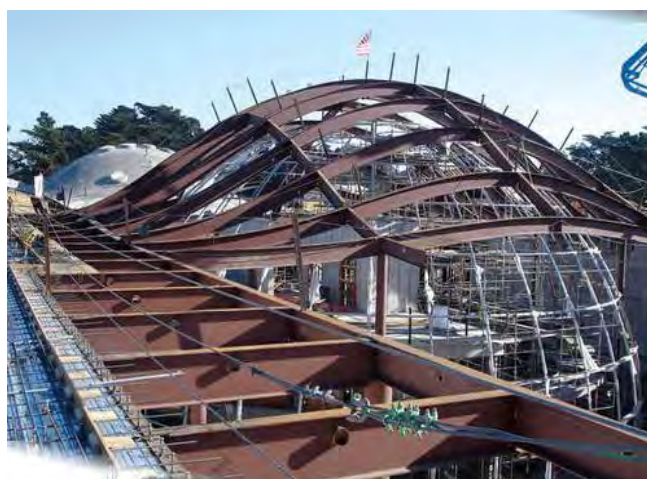


д

Рис. 1.4: *a* – фасад; *б* – разрез; *в* – вид крыши; *г* – схема воздушных потоков; *д* – схема экологических стратегий: 1 – проекция прилегающего парка; 2 – «живая крыша» (изолированная и пассивно охлаждаемая); 3 – геометрия крыши, препятствующая потокам ветра; 4 – стеклянное покрытие со световыми панелями; 5 – бетонные стены (пассивно охлаждаемые); 6 – люки и световые окна; 7 – бризы; 8 – солнечный этаж; 9 – натуральное освещение для растений



a



б



в



г

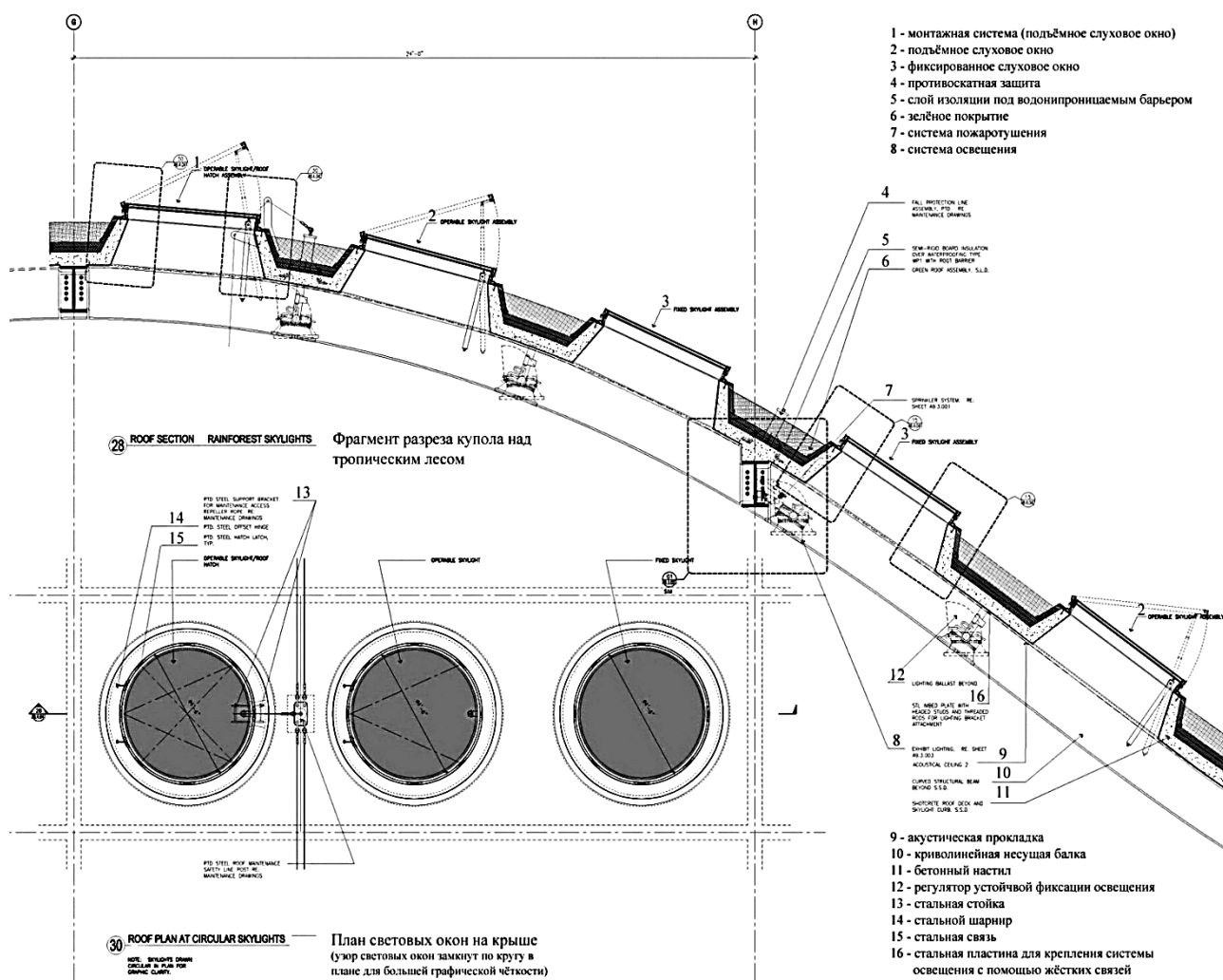


д

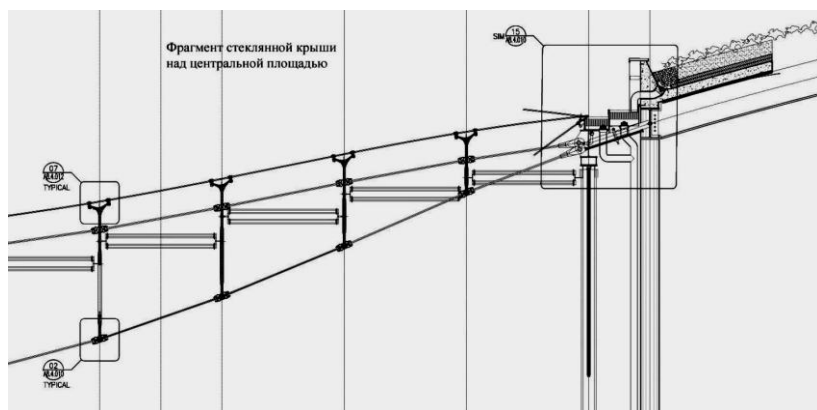


е

Рис. 1.5. Возведение основных конструкций: *a, б* – монтаж несущих конструкций внешней сферической оболочки, плавно «перетекающих» в плоскую крышу; *в* – монтаж внутренней сферы; *г, д, е* – основа висячих пространственных конструкций – ажурные двухпоясные вантовые фермы в интерьере центральной площади



a



b

Рис. 1.6. Фрагменты разрезов купола и висячего покрытия: а – устройство зеленой крыши над сферой тропического леса; б – висячие легкие вантовые пространственные конструкции покрытия центральной площади; 1 – монтажная система (подъемное слуховое окно); 2 – подъемное окно; 3 – фиксированное слуховое окно; 4 – противоскатная защита; 5 – слой изоляции под водонепроницаемым барьером; 6 – зеленое покрытие; 7 – система пожаротушения; 8 – система освещения; 9 – акустическая прокладка; 10 – криволинейная несущая балка; 11 – бетонный настил; 12 – регулятор устойчивой фиксации освещения; 13 – стальная стойка; 14 – стальной шарнир; 15 – стальная связь; 16 – стальная пластина для закрепления системы освещения с помощью жестких связей

водонепроницаемым барьером; 6 – зеленое покрытие; 7 – система пожаротушения; 8 – система освещения; 9 – акустическая прокладка; 10 – криволинейная несущая балка; 11 – бетонный настил; 12 – регулятор устойчивой фиксации освещения; 13 – стальная стойка; 14 – стальной шарнир; 15 – стальная связь; 16 – стальная пластина для закрепления системы освещения с помощью жестких связей

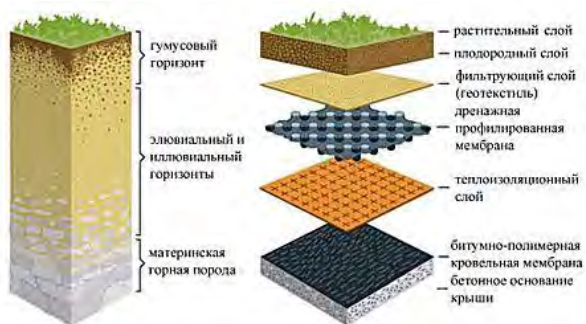


Рис. 1.7. Вид, основные компоненты, слои и материалы при устройстве зеленой крыши над сферой тропического леса

2. ЦЕНТР BMW WELT (МИР БМВ) В МЮНХЕНЕ

Комплекс БМВ состоит из *трех зданий: штаб квартира БМВ, музей БМВ, мир БМВ (BMW Welt)*. Штаб квартира БМВ представляет собой здание в виде *четырех цилиндров* с эмблемой БМВ, неподалеку расположен и завод БМВ. В непосредственной близости от головного офиса находится музей БМВ в виде чаши, построенный к Олимпийским играм в 1972 году.

Баварцами был объявлен конкурс, в котором приняло участие 275 архитектурных команд, к участию были допущены 27 бюро, из которых во второй тур вошли восемь. Выбор был сделан в пользу Coop Himmelb(l)au.

Новое здание, спроектированное венским дуэтом Кууп Х(Ч)имельбау Вольфом Приксом и Гельмутом Свицински (Coop Himmelb(l) au), было открыто в 2008 г., получило название Мир БМВ (BMW Welt). В здании представлен не только музей БМВ, в нём проходят концерты, жители города и туристы приходят просто пообедать и отдохнуть. BMW Welt – мультифункциональное здание, основанное на гибкости и зрелищности, с зарождающимися новыми видами обслуживания, как один из первых в новой генерации коммуникационных центров XXI века. Мир БМВ является чудесным исполнением инженерной и архитектурной мысли – динамичное сооружение из полупрозрачной структуры из стекла с гофрированной стальной крышей и с объемом сдвоенного твиста в форме конуса (рис. 2.1–2.3).

Двойной конус Мира БМВ имеет диаметр 35 м по уровню основания, далее сужается на 12-метровой высоте до 18 м и вновь расходится до 45 м. Внешняя оболочка двойного конуса площадью около 2850 м², большей частью состоит из треугольных стеклянных панелей. Только для двойного конуса были изготовлены 900 различных стеклянных элементов. Чтобы осуществить филигранную конструкцию, фирмой Gartner вместо двухслойной конструкции из круглых труб с сеткой 7×3,5 м была предложена однослойная «интегрированная» – на основе осевого размера в 3,5 м из прямоугольных полых профилей со стойками и ригелями 300/100мм и диагональными стойками 250/100 мм («интегрированная» система фасадов была изобретена и запатентована в 1968 г. в Германии фирмой Йозеф Гартнер (Josef Gartner GmbH). Решение требовало крайне сложных конструктивных расчётов, а также трёхмерного проектирования.

Главный фасад здания Мира БМВ площадью около 5500 м² выполнен как отапливаемый стальной фасад. Внизу он опирается на плиту первого этажа, а наверху – гибкими связями крыша/фасад закреплён к покрытию. От уровня пола до высоты 7,5 м фасады наклонены вовнутрь на 10°. Далее до высоты 25 м он наклонен на 10° наружу. Фасад формируется ломаного очертания стойками из сварного профиля 320/120/15мм. Главный фасад здания заполнен стеклом с низким содержанием окиси железа Irapol Neutral 52 / 29.

Стержень концепции дизайна собственно в крыше – динамичной, скульптурной и формообразующей. Образ гигантского единого с большими пролетами и консольными вылетами, с живописной прорисовкой нижнего контура объемного покрытия всего комплекса создается решетчатой структурной

оболочкой нижнего и верхнего поясов из полых прокатных стальных профилей с сеткой 5×5 м, связанных диагональными элементами. Узлы опирания стальной конструкции крыши на массивные вертикальные конструкции и колонны с шарнирами из листовой стали, допускающие маячное горизонтальное движение крыши, представляют особую сложность для расчёта. Плавающая крыша площадью $16\,000\text{ м}^2$, покрыта сетью, принимающая энергию солнца, устройств общей площадью 6300 м^2 шарнирно опирается только на 11 опор и, подобно парящему в небе облаку, вытекает из двойного конуса. Из 5000 перфорированных листов высоколегированной кровельной стали нет ни одного одинакового по размеру. Около 900 м^2 крыши остеклено. Созданная таким образом объемная несущая структура покрытия, поддерживаемая в пространстве, могла бы перекрыть площадь святого Марка в Венеции (и полтора купола «Комаровки» в Минске).

Главной опорой крыши и, несомненно, еще одним визуальным акцентом сооружения является супердинамичный объём (торнадо в клетке) двух перевернутых конусов (двойной конус), плавно перетекающих друг в друга, образуемый коническими оболочками с сетчатой несущей структурой из полых стальных элементов прямоугольного сечения с треугольной основой, формирующих интегрированную фасадную систему, куда одновременно вписались системы отопления, кондиционирования и пожаротушения. Иррегулярная структура *BMW Welt* достигается посредством треугольной основы из полых стальных профилей, которая позволила воплотить авторские дизайнерские криволинейные поверхности, а также сформировать опорные зоны благодаря треугольной геометрии. Каждая монтажная стальная секция была произведена по индивидуальному шаблону с позволенным отклонением от заданных параметров до 2 мм.

Для увеличенных пролетов применяются фермы перекрытий с овальным нижним поясом, которые тактично вписались в целостный архитектурный образ комплекса (рис. 2.4–2.11).

Ассиметричный объём из конусов (сдвоенный конус) высотой 28 м и максимальным диаметром 45 м венчается круговой балкой («Ringbeam»), которая равномерно распределяет нагрузку от крыши на несущую сетчатую конoidalную поверхность основной опоры. Фасад – модифицированная стоечно-балочная система с клеевым соединением стеклянных панелей по торцам, встык. Светопрозрачное ограждение криволинейных поверхностей нижнего конуса применено на основе закаленного толщиной 8 мм стекла, верхнего конуса – с добавлением армированного слоя ламинированного безопасного стекла. Пространства в интерьере облицованы перфорированными панелями из нержавеющей стали.



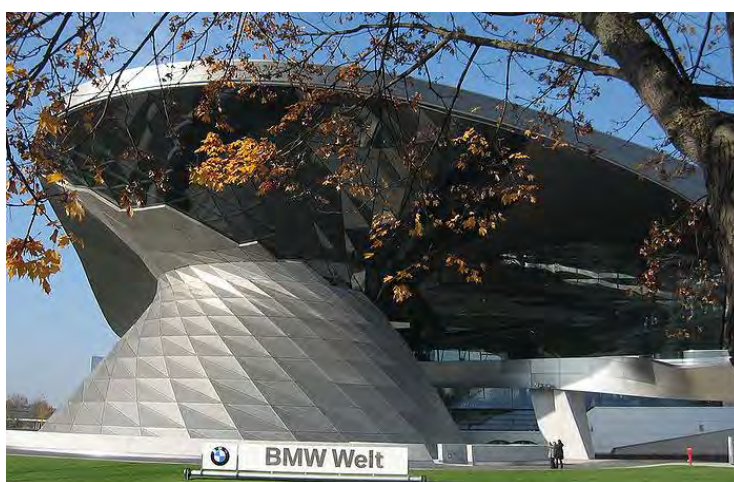
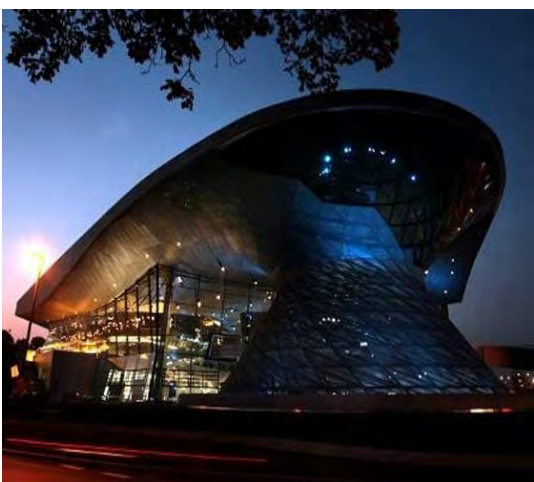


Рис. 2.1. Динамичное объемно-пространственное решение multifunctional здания – коммуникационного центра XXI века – Мир БМВ и его расположение в градостроительной ситуации Мюнхена



Рис. 2.2. Общий вид с разных ракурсов комплекса БМВ, состоящего из трех зданий: штаб квартира БМВ, музей БМВ, мир БМВ (BMW Welt)

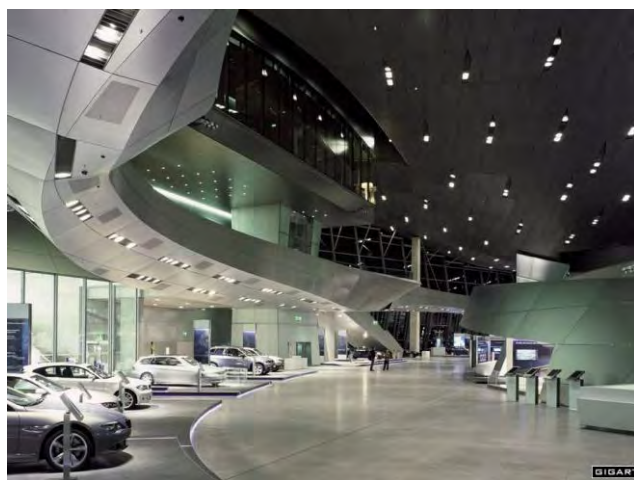
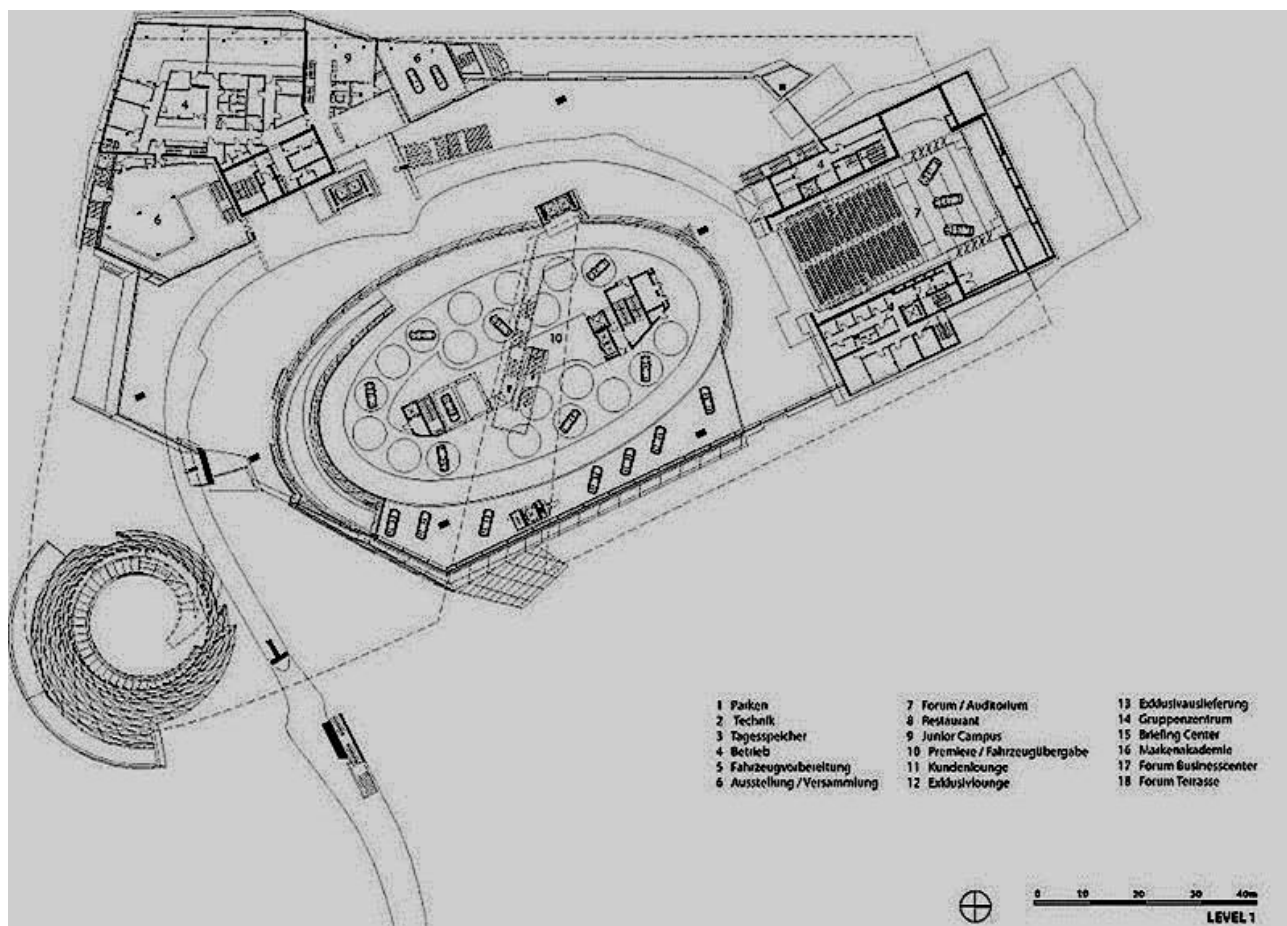
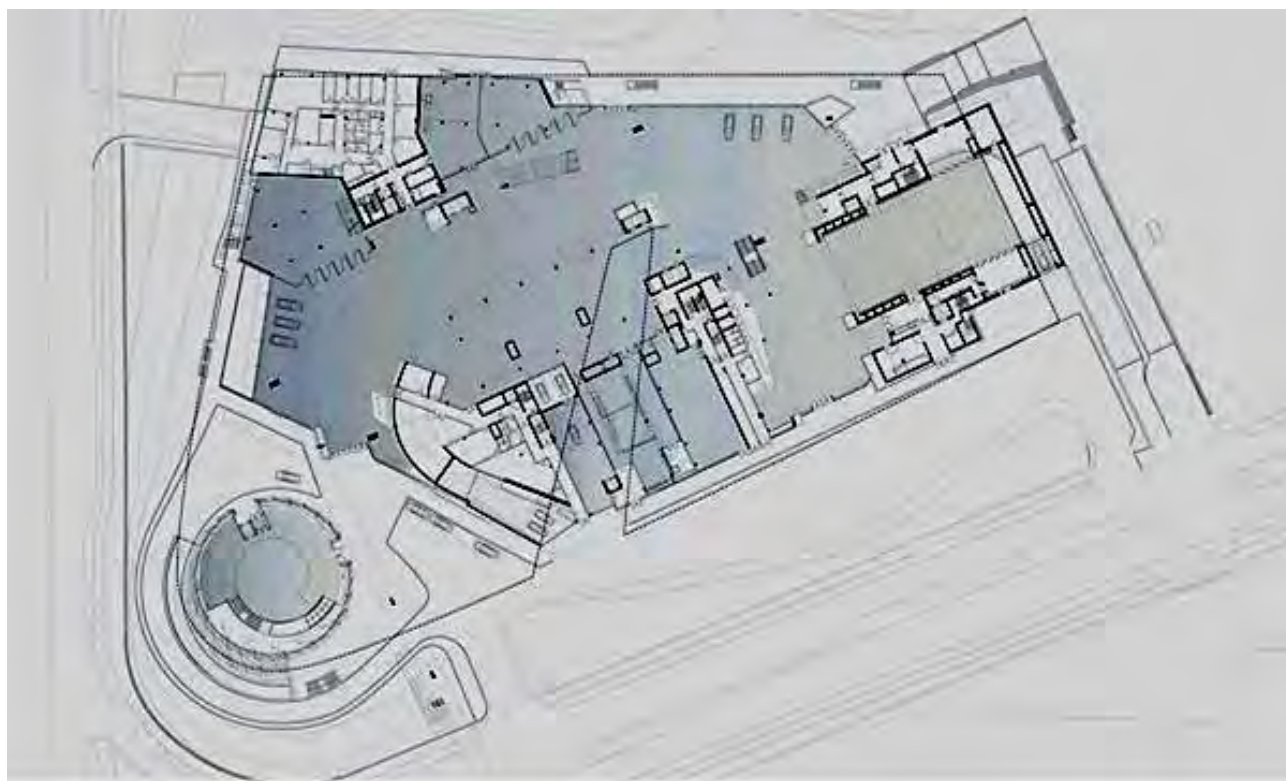


Рис. 2.3. Интерьеры пространств центра Мир БМВ (BMW Welt)



a



b

Рис. 2.4: *a* – план первого этажа; *b* – план нулевого этажа

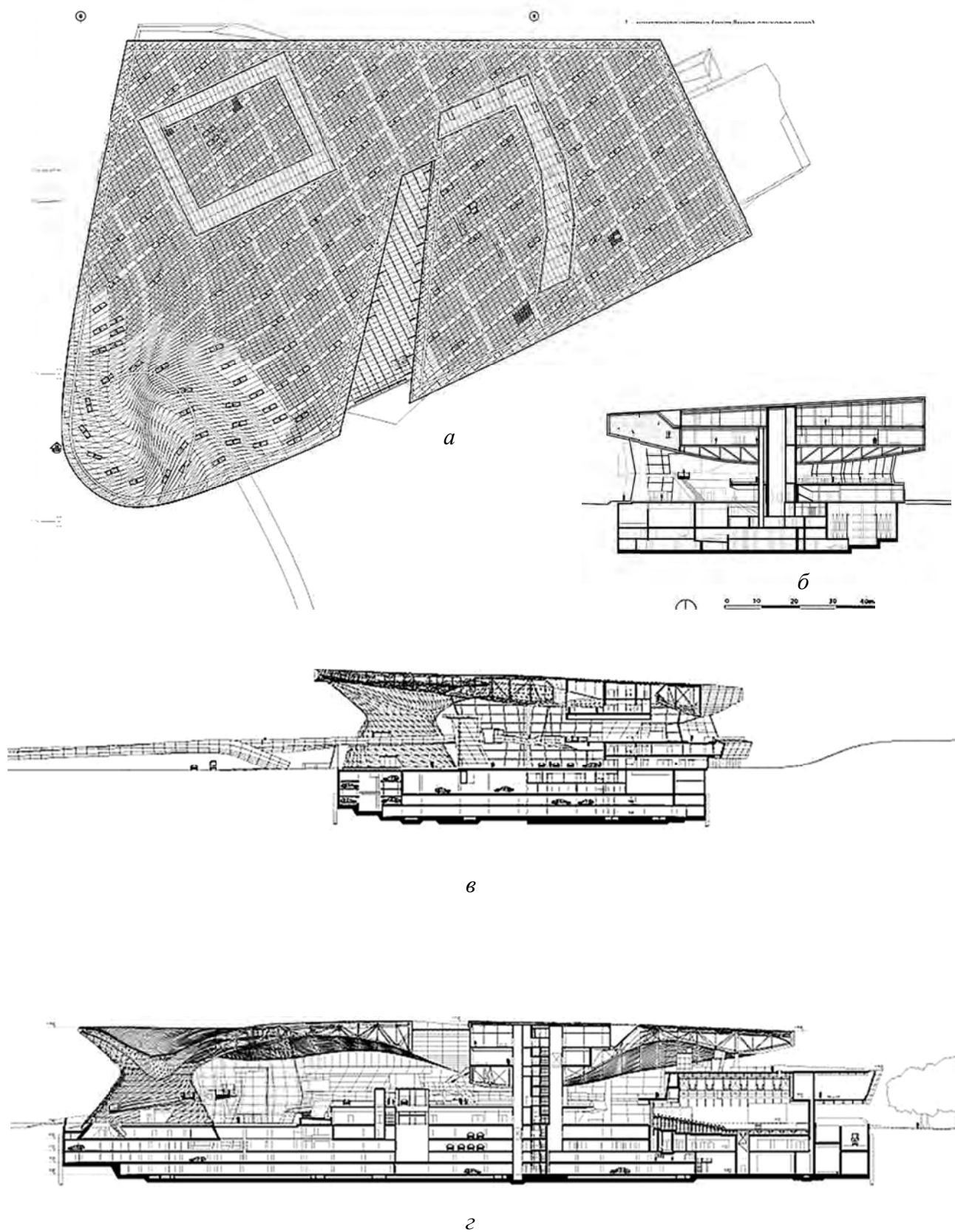
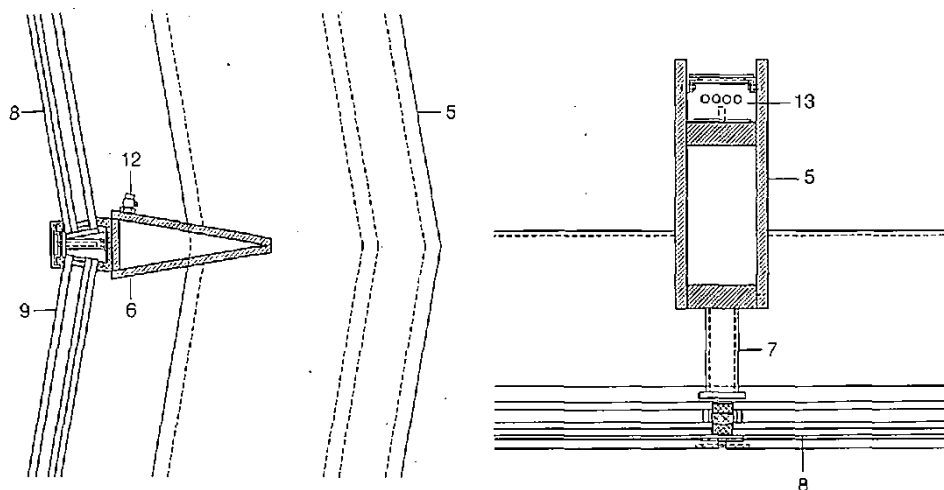


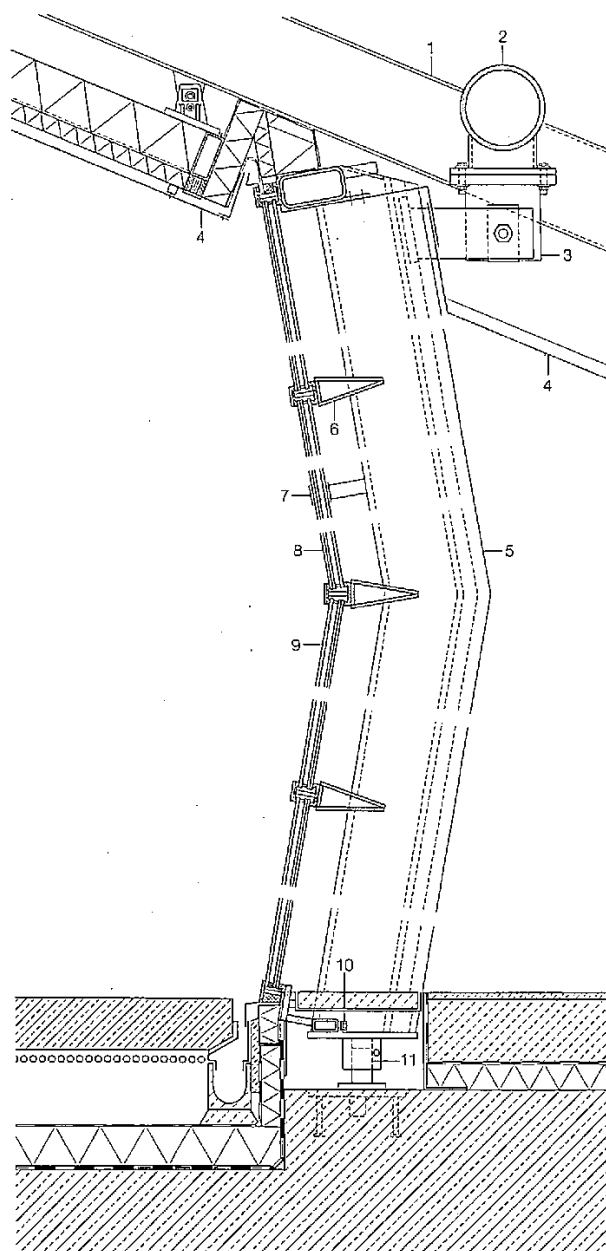
Рис. 2.5: *а* – план кровли; *б, в* – поперечные разрезы; *г* – продольный разрез



a

Рис. 2.6. Конструктивное решение светопрозрачного ограждения главного фасада: *a* – узел; *б* – фрагмент разреза;

- 1 – крыша, каркас, IPE 300;
- 2 – диагональная стальная труба, $\varnothing = 260$ мм;
- 3 – гибкая связь, крыша/фасад;
- 4 – перфорированный лист из нержавеющей стали;
- 5 – изогнутая сварная стойка полового прямоугольного сечения, 320x120 мм RHS из стального листа $\delta = 15$ мм, охлаждение/отопление;
- 6 – ригель сварной полового прямоугольного сечения 200/80 мм RHS из стального листа $\delta = 10$ мм, охлаждение/отопление;
- 7 – стальная трубка держателя стекла $\varnothing = 50/60$ мм;
- 8 – ламинированное безопасное стекло 16,8 мм + воздушная прослойка 16 мм + закалённое стекло 16,8 мм;
- 9 – закалённое стекло 10 мм + воздушная прослойка 16 мм + ламинированное безопасное стекло 16,8 мм;
- 10 – стальная труба отопительного контура, шестигранная колпачковая гайка;
- 11 – регулятор высоты - стальной профиль с резьбой, $\varnothing = 80$ мм;
- 12 – воздушный клапан;
- 13 – электроканал



б

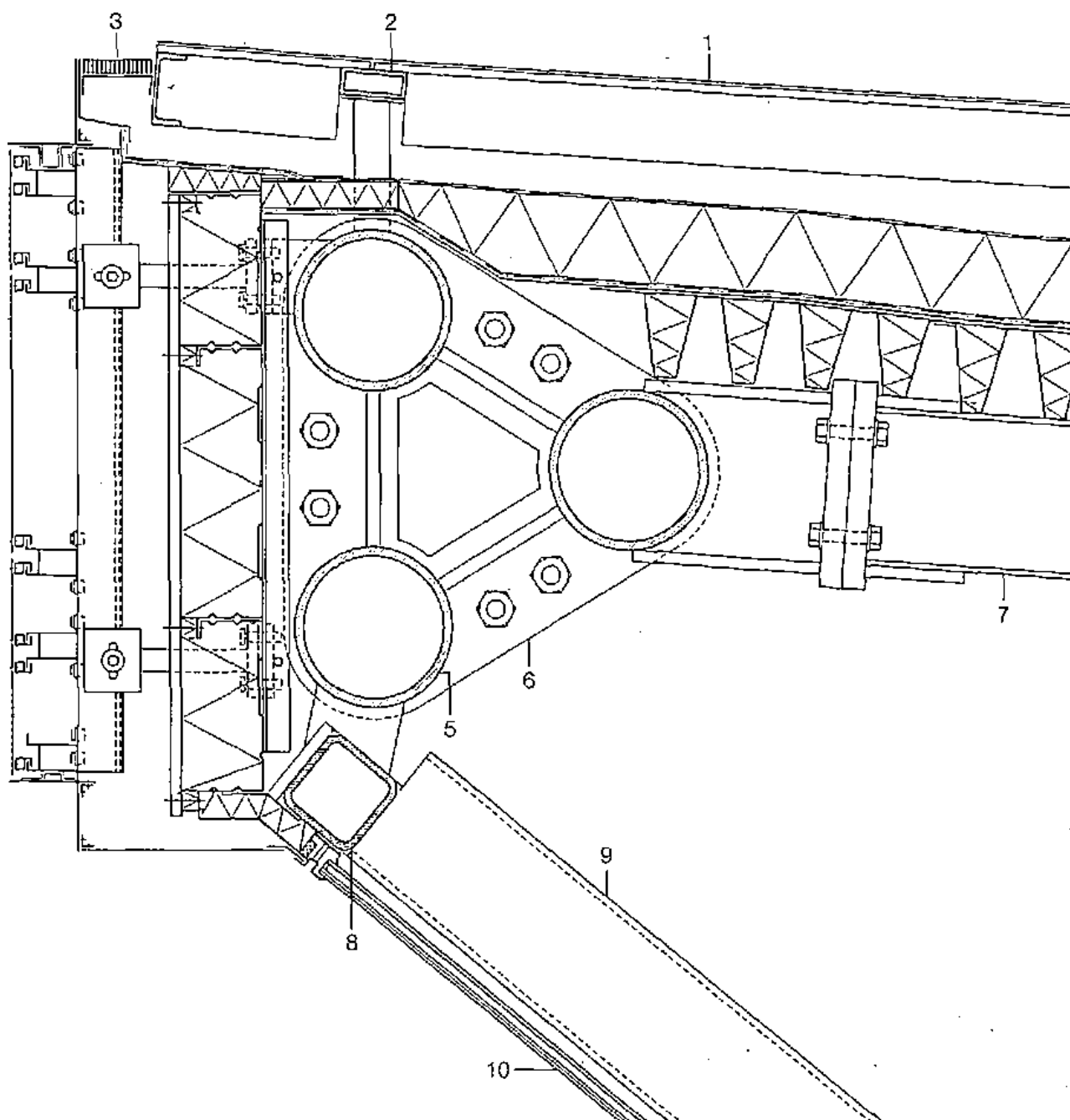


Рис. 2.7. Фрагмент примыкания крыши к двойному конусу:

1 – лист пескоструйно-обработанной нержавеющей стали $\delta = 2$ мм; каркас, стальная балка 160 мм; изолирующий слой на основе акриловой синтетической резины $\delta = 2.5$ мм; утеплитель, минвата *Rockwool* 180 мм; пароизоляция пожарозащитная 1,2 мм; стальной лист $\delta = 1$ мм; стальной профнастил 160 / 0,88 мм с акустической перфорацией; 2 – каркас, 60×150 мм сталь *RHS*; 3 – решетка на дренажном желобе; 4 – обшивка из перфорированного листа нержавеющей стали; алюминиевый подобилицовочный каркас; стальной лист, покрытый цинк – алюминием; утеплитель в алюминиевых кассетах 190 мм; 5 – круговая концевая балка, стальная труба $\varnothing = 356$ мм; 6 – пластина фланцевого соединения панелей $\delta = 30$ мм; 7 – балка крыши, сталь *IPE* 360 мм; 8 – крайний профиль на фасаде двойного конуса, 200×200 мм сталь *SHS*; 9 – Фасад двойного конуса, 300×100 мм сталь *RSH*, как часть интегрированной системы отопления/охлаждения, спринклерной системы пожаротушения и электропроводки; 10 – Прозрачное остекление, термостойкое стекло 2×6 мм + воздушная полость 16 мм + закалённое стекло 8 мм

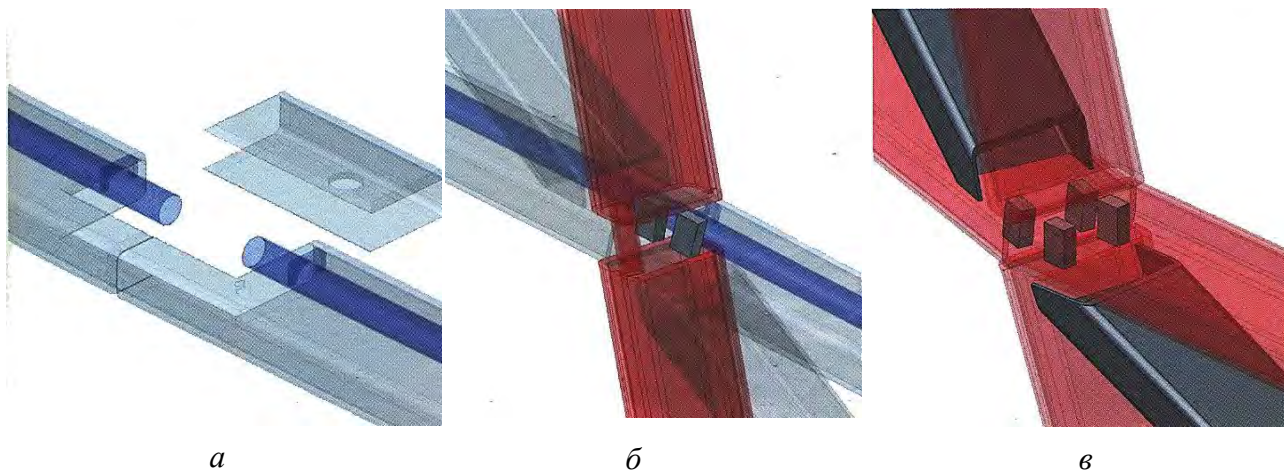


Рис. 2.8. Аксонометрические узлы стыков элементов интегрированного фасада двойного конуса:
а – ригельный профиль без функции отопления с прокладкой в нем спринклерной системы пожаротушения с распределительной панелью монтажа стыков ее стальных труб, 300х100 мм сталь *RHS*; *б* – узел пересечения (стыка) профиля стойки с функцией отопления (красный цвет) с ригельным профилем без функции отопления (с прокладкой проводки); *в* – узел пересечения (стыка) профиля стойки с функцией отопления с ригельным профилем с функцией отопления/с диагональным профилем без функции отопления, 250 × 100 мм сталь *RHS*



а



б



в



г

Рис. 2.9. Вид кровли и участка провисающего покрытия над двойным конусом:
а, б – снаружи; *в* – изнутри; *г* – на стадии постройки

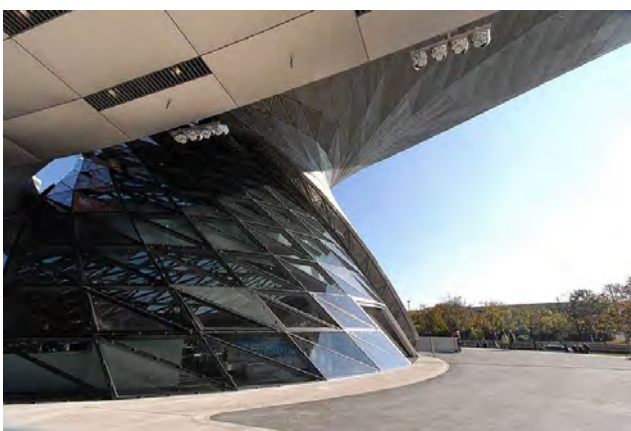
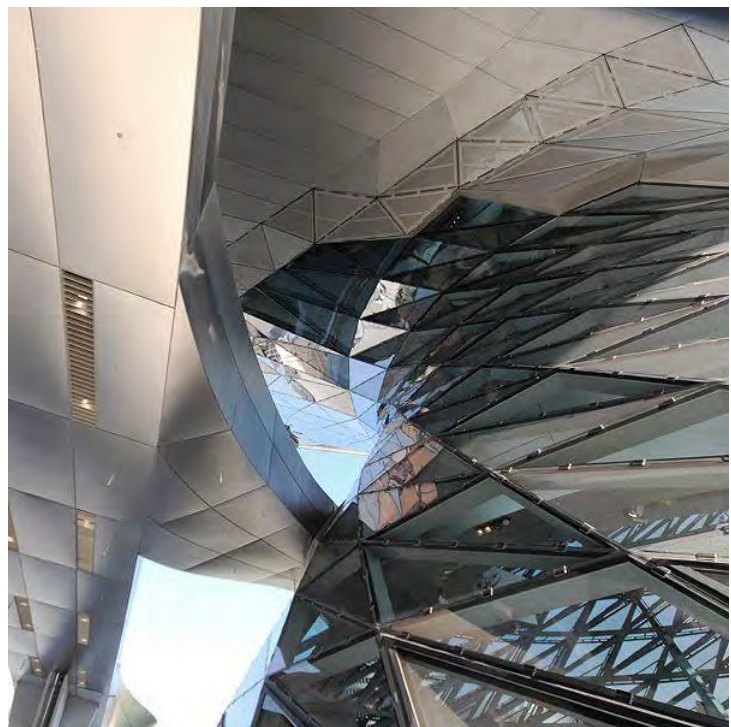
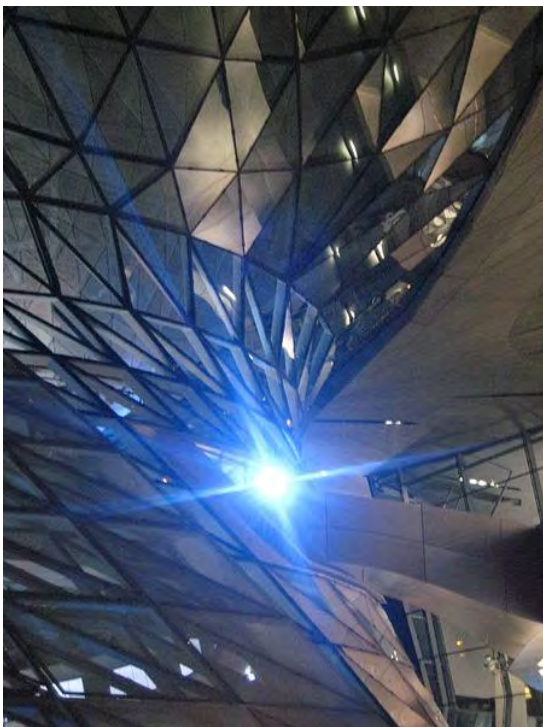
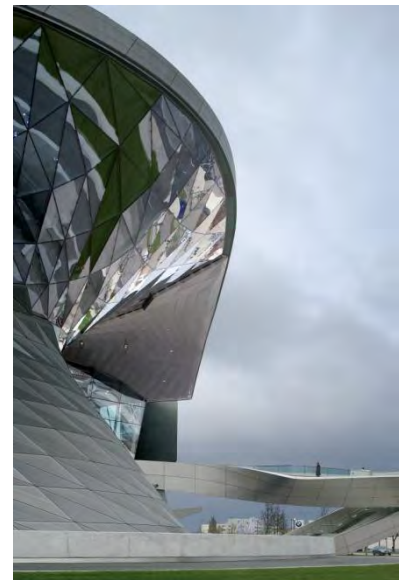


Рис. 2.10. Виды конструктивных систем и элементов облицовки двойного конуса с разных ракурсов

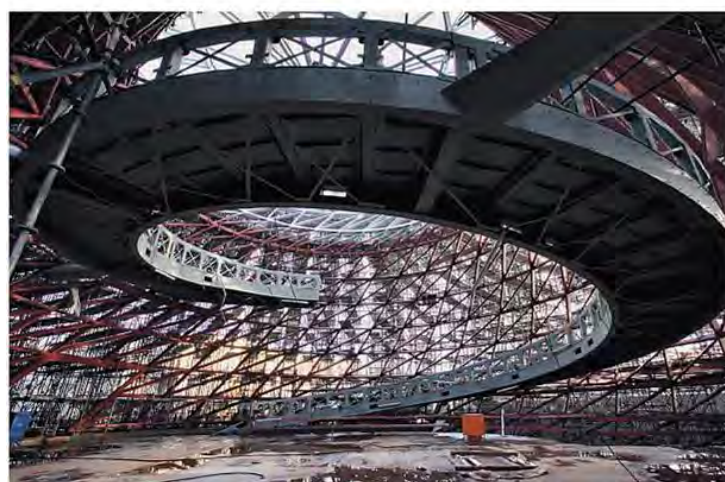
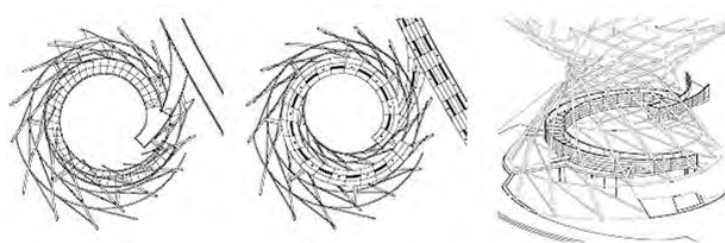


Рис. 2.11. Монтаж основных элементов конструкций

3. ПАССАЖИРСКИЙ ТЕРМИНАЛ МЕЖДУНАРОДНОГО АЭРОПОРТА В БАНГКОКЕ

Пассажирский терминал Суварнабхуми – результат международного конкурса и сотрудничества архитектора *Хельмута Яна* с конструкторами *Вернер Собек и Матиас Шулер*. В результате конструкторской новации осуществлены большие пролеты при минимальном весе конструкций, железобетонные сборные элементы с открытой текстурой, остекление с шелкографией, Low-E-покрытие, трехслойная прозрачная мембрана. Сохранены локальные традиции и культуры: тенистые сады, сады-джунгли отделяют вестибюль терминала от залов ожидания, традиционные орнаменты на поверхности стекла и полов делают аэропорт неповторимым и индивидуальным. Смелым вызовом стало создание *в Таиланде новых ворот*, отвечающих тропическому климату, что потребовало от архитекторов и инженеров поиска нетрадиционных подходов к решению проблем. Максимально использовались естественные условия освещения и комфорта с минимальным использованием энергии. *Когда архитектор и инженеры говорят на одном и том же языке*, по словам Хельмута Яна, этот процесс называется *Archi-Neering* (Архи-неринг): *архитектор думает о технических последствиях формообразования своего дизайна, а инженеры учитывают эстетические аспекты при принятии своих решений и концепций*. После 11 лет проектирования (1995–2001 г.) и строительства (2001–2006 г.) терминал был открыт в 2006 г. (рис. 3.1, 3.2).

Среднегодовая температура в Бангкоке составляет 25–35 °С при высокой влажности воздуха. Требования для международного аэропорта: звукопоглощение авиашума 28 дБ, температура воздуха 24 °С, относительная влажность 50–60 % при высокой тепловой нагрузки от техники, освещения и людей - вынуждают к постоянному охлаждению и осушки, что ставит высокие требования к ограждающим конструкциям. Применены две системы охлаждения: охлаждение полов и приземная вентиляция. Процесс теплового расслоения воздушных масс поддержан системой охлаждения полов, кондиционирование воздуха ограничивается на отметке 2,5 м. В зоне кровли воздух нагревается до наружных температур, поэтому можно говорить об ограждении без утеплителя.

Чтобы отвечать жёстким требованиям ограничения энергопотребления здания, мембрана должна пропускать до 2 % диффузного солнечного света, ограничить теплопередачу солнечной радиации до 2 % (в остеклении до 3,5 %) и уменьшить на 40 % теплоизлучение через крышу. С южной стороны терминала элементы солнцезащиты ограничивают до 1 % поток солнечной радиации, с северной стороны – затенение обеспечивается на 95 %. Консольный свес крыши затеняет вертикальный фасад высотой 40 м.

Крыша длиной 561 м и шириной 210 м полностью покрывает здание терминала и два больших парка, расположенных с боковых сторон. *Объёмные стальные (первичные) стропильные мега-фермы* с динамично изменяемой геометрией, *пролетом 126 м, с двумя консолями пролетом каждая 42 м, установленные на 8 парах опор с шагом 81 м, формируют «напряжённую» крышу на высо-*

те 40 м. Сплав архитектуры и конструкций, создающий открытые мультифункциональные пространства, на основе прозрачности и легкости – ключ дизайна Хельмута Яна. Усиливает динамику и индивидуальность образа мега-ферм с абсолютно горизонтальным, натянутым как струна, верхним поясом сдвиг входящих заостренных, мгновенно сужающихся на опорных участках внутренних ферм в геометрию консольных ферм. Низ объёмных ферм формируется двумя поясами. Мега-фермы komponуются из элементов полого сварного прямоугольного профиля, несут вторичные фермы пролетом 81 м, поддерживающие солнцезащитные элементы, провисающие от уровня верхнего пояса мега-ферм. «Приподнятость» ферм подчёркивается горизонталью верхней хорды и динамичным изгибом нижних поясов, их геометрия близка к эпюре изгибающих моментов однопролётной балки с консолью. Профиль ферм был спроектирован так, что два пояса – сжаты, а третий – верхний – растянут. Результат – изящная ферма – «рыбка». Интеграция конструктивной системы в высшую эстетику архитектурного образа – феномен Хельмута Яна.

Вертикальные стойки фасада терминала высотой 40 м с укрепляющими оттяжками, несущие предварительно напряжённые горизонтальные вантовые системы, составляют первичные элементы конструкций. Остекление крепится точно к горизонтальным ажурным вантовым системам (фермам) с шагом высоты единицы остекления. В конструкциях применена спайдерная система крепления светопрозрачных панелей на пряжевых тросах диаметром 14 мм и стержнях диаметром 16 мм из нержавеющей стали (рис. 3.3–3.5).

Конкорсы выполнены из многократно повторяющихся модульных объёмов высотой до 20 м на основе объёмных, трёхъярусных, сквозных арок переменной высоты из круглых труб (всего 104 арки) пролётом 42 м, активно выступающих за габариты сооружения. Была разработана и запатентована трехслойная мембранная конструкция с высокими акустическими и термическими требованиями, пропускающая дневной свет. Кровельная мембрана заполняет расширяющееся вверх пространство между наклонными арками (пролёт до 27 м), смыкающимися на опорах и коньке. Собственно новаторство было реализовано во внутреннем слое из стекловолокна, с LOW-E покрытием, препятствующим распространению тепла в помещение от нагретой солнечным излучением ткани, с улучшенным акустическим эффектом. Только благодаря применению этого материала стало возможным реализация требований кондиционирования. Вес 330 г/м^2 , прочность 3250 Н/5 см, достигает группы НГ. Наружный слой весом $1,2 \text{ кг/м}^2$ – из прочного стекловолокна с защитным покрытием из политетрафторэтилена (PTFE) с максимальным отражением, экстремально высокой прочностью и долговечностью, невосприимчивостью к грязи. Средний слой – звукоизоляционный из поликарбонатной плиты толщиной 6 мм, с заделкой швов герметиком. При весе плиты $7,2 \text{ кг/м}^2$ индекс изоляции воздушного шума достигается 35 дБ (рис. 3.6–3.8).



Рис. 3.1. Пассажирский терминал Суварнабхуми международного аэропорта в Бангкоке



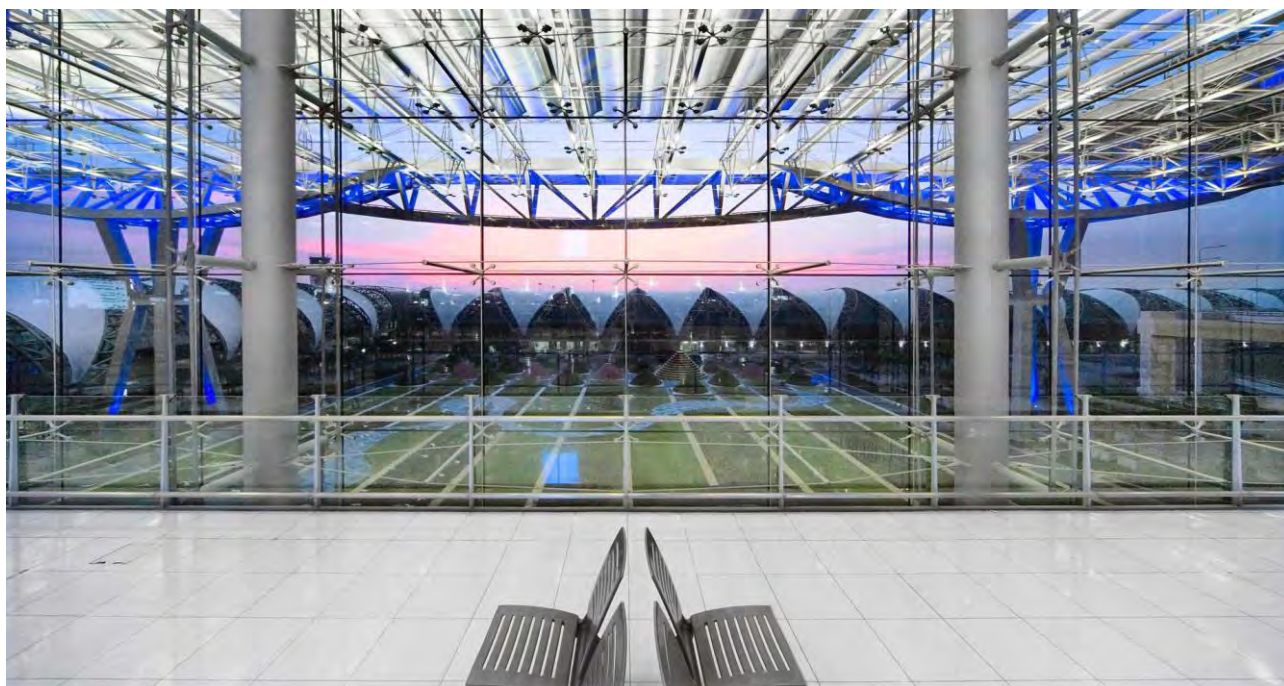
a



б

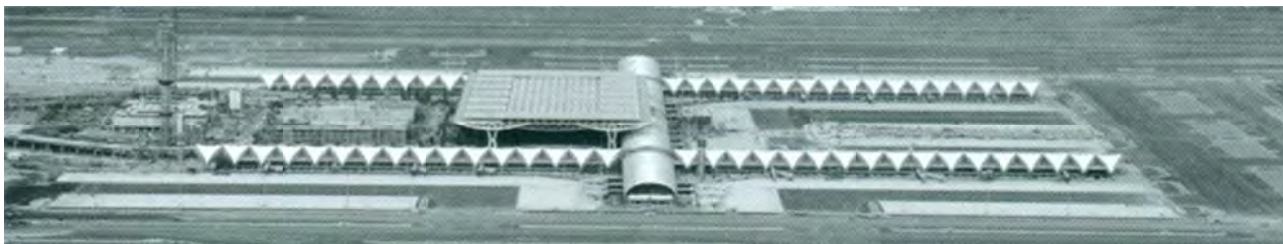


в

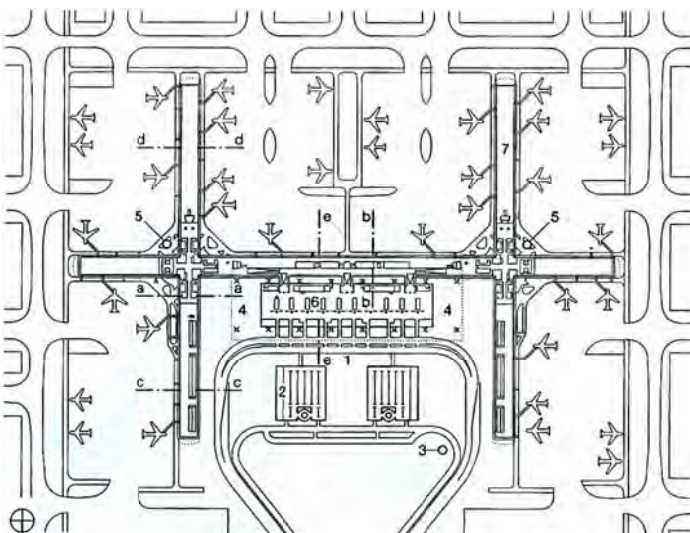


г

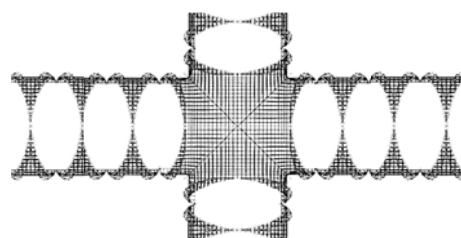
Рис. 3.2: *a* — усиливает динамику и индивидуальность образа мега-ферм пролетом 126 м с абсолютно горизонтальным, натянутым как струна, верхним поясом сдвиг входящих заостренных, мгновенно сужающихся на опорных участках внутренних ферм в геометрию консольных ферм; *б, в* — 8 пар объемных опор с шагом 81 м формируют «парящую» крышу размером 210×561 м на высоте 40 м; *г* — вид на мега-фермы с интерьера терминала



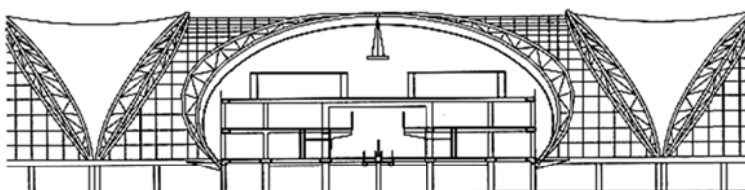
a



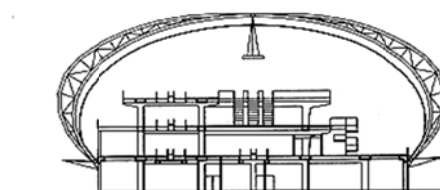
б



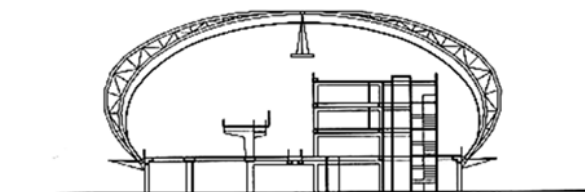
в



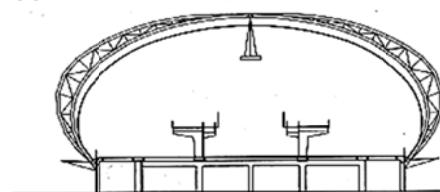
aa



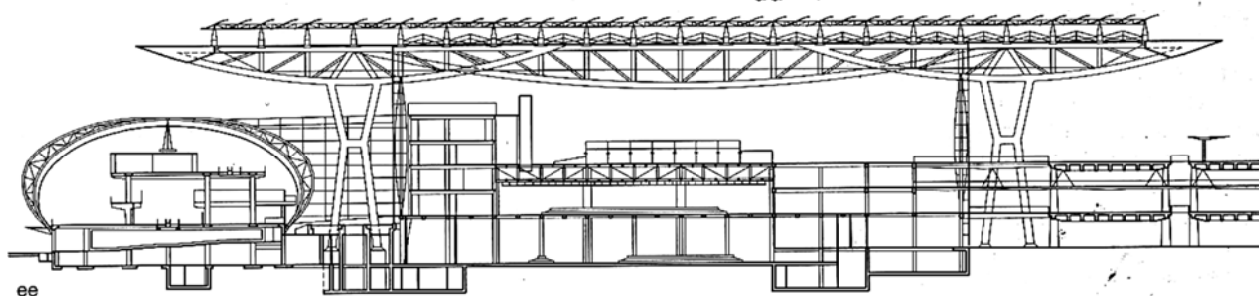
bb



cc



dd



ee

г

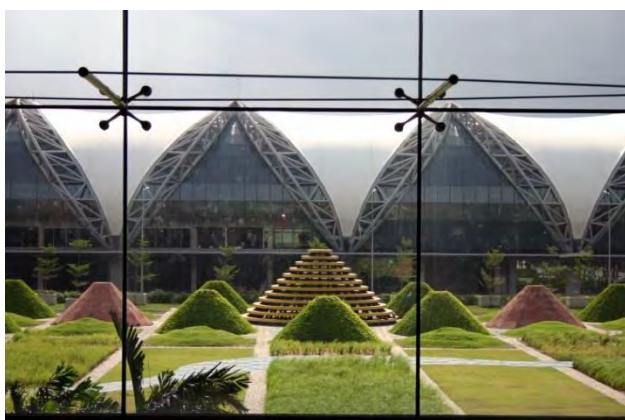
Рис. 3.3: *a* – аэрофотоснимок пассажирского терминала; *б* – план: 1 – проезд, трехэтажное мостовое сооружение; 2 – многоэтажный гараж-стоянка; 3 – Башенный контрольный командно-диспетчерский пункт; 4 – пальмовый парк; 5 – башенный корпус; 6 – терминал; 7 – горизонтальная связующая «труба» – зал ожидания; *в* – вид сверху на узел пересечения залов ожидания; *г* – разрезы



а



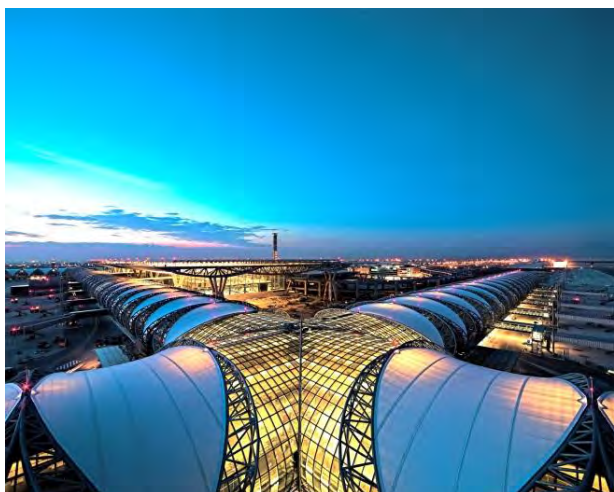
б



в



г



д



е

Рис. 3.4: *а* – гигантское пространство интерьера терминала перекрыто мега-фермами пролетом 126 м, которые несут вторичные фермы пролетом 81 м; *б, в, г, д, е* – горизонтальные связующие «трубы» – залы ожидания: подчеркнутость неповторимости и индивидуальности культуры Таиланда, объемное решение мест пересечения (крестовин) конкорсов, интерьер модульных объемов высотой до 20 м на основе сквозных арок переменной высоты из круглых труб и кровельной мембраны



a



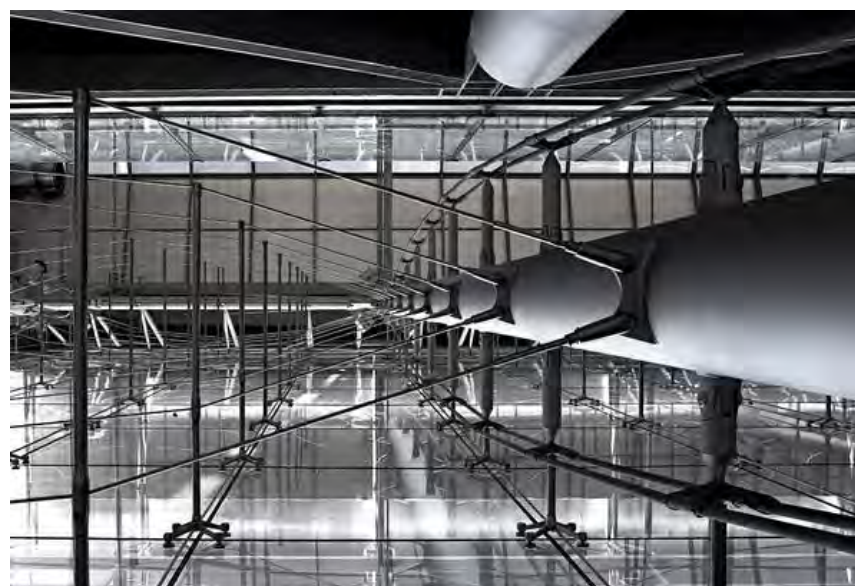
б



в



г

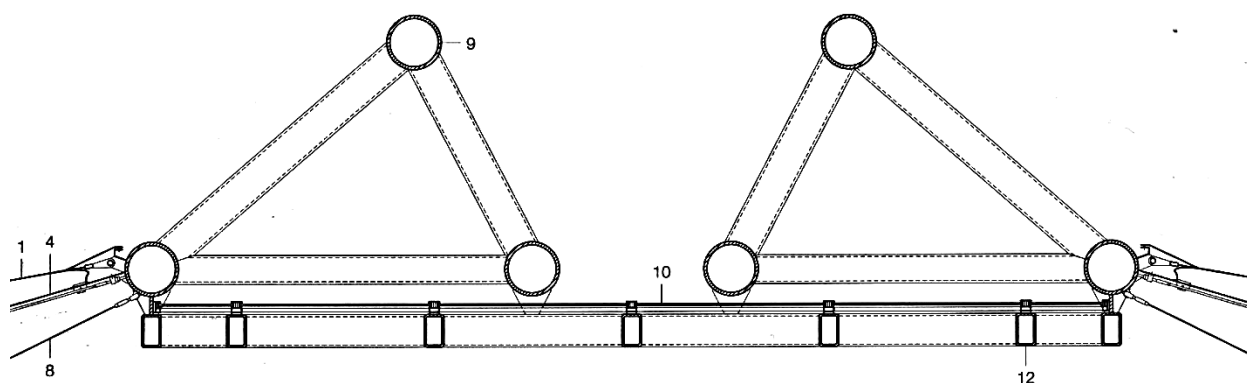


д

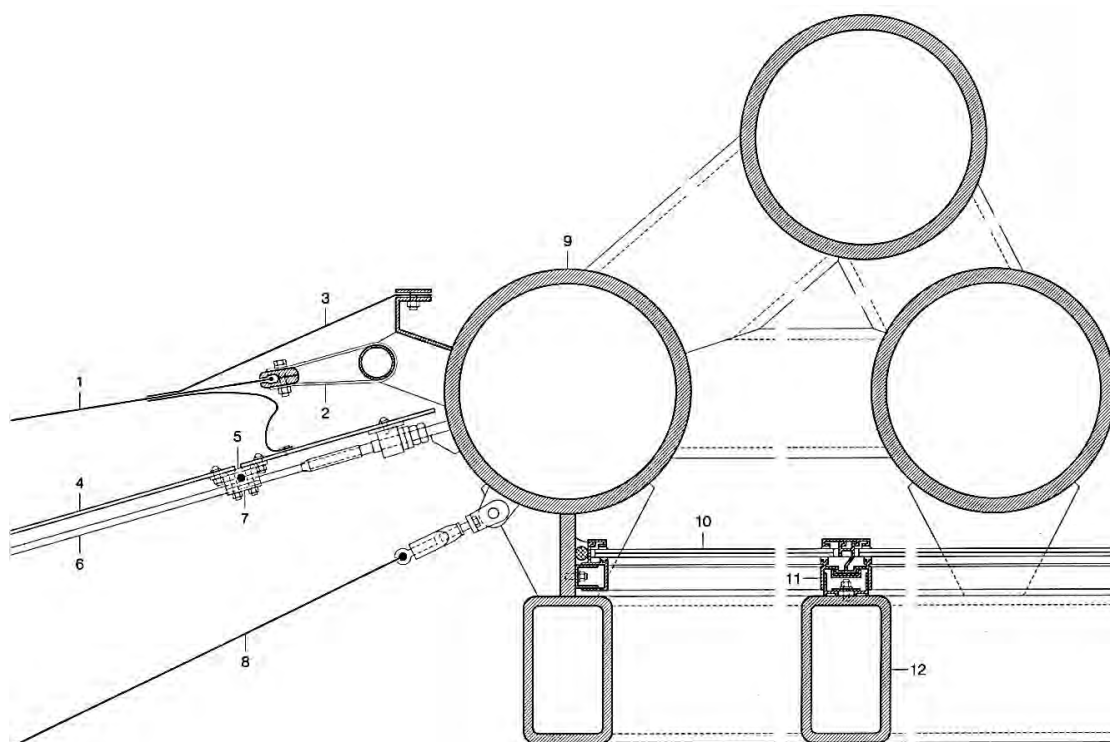


е

Рис. 3.5: *a* – перетекание форм и пространств терминала и конкорса, мега-фермы с консольными вылетами на 42 м; *б, в, г, д, е* – системы первичных и вторичных конструкций покрытия и сплошного остекления фасада терминала высотой 40 м

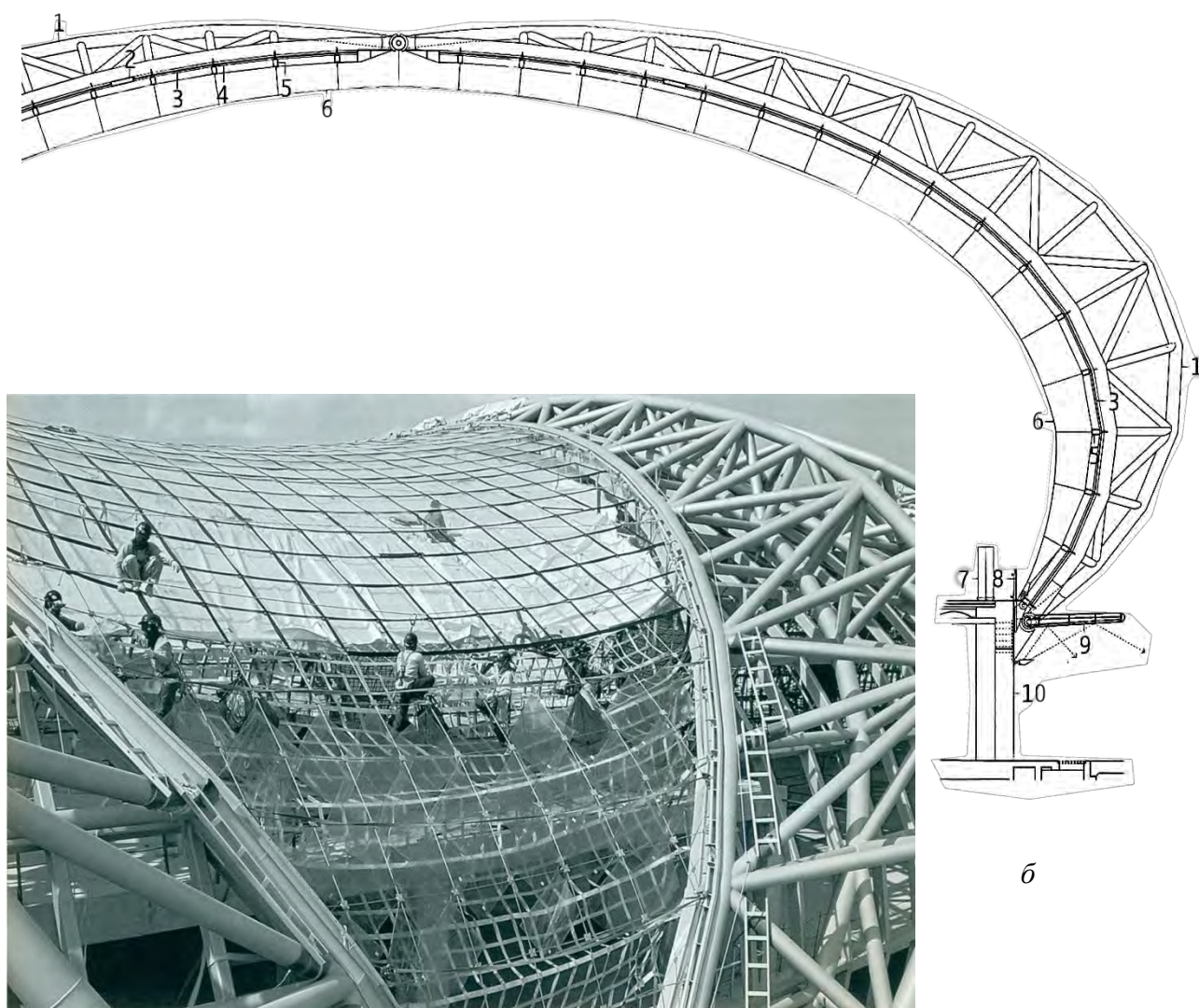


a



б

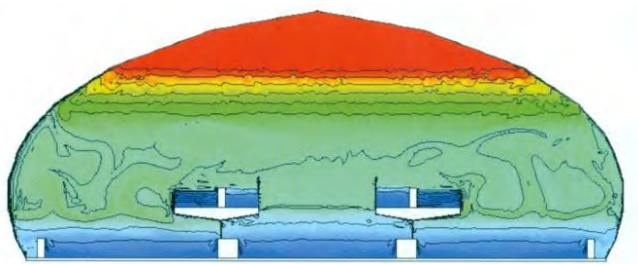
Рис. 3.6. Разрезы конструкций конкорса: *а* – фрагмент разреза несущих и ограждающих конструкций конкорса; *б* – узел примыкания кровельной мембраны к объемной арке; 1 – наружный слой мембраны – защита против атмосферных условий: стекловолокно с защитным политетрафторэтиленовым покрытием, $1,2 \text{ кг/м}^2$; 2 – механизм натяжения по алюминиевой трубе, $\text{Ø} = 40 \text{ мм}$; 3 – кромка стекловолокна с защитным политетрафторэтиленовым покрытием, фиксируется после натяжения мембраны; 4 – средний слой мембраны – звукоизоляция, защита против шума от авиатранспорта: прозрачная PC поликарбонатная плита $1000 / 1000 / 6 \text{ мм}$, прозрачная, $7,2 \text{ кг/м}^2$, индекс изоляции воздушного шума ($R'w$) = 35 дБ, группа горючести Г1; 5 – герметизация швов, акустический профиль, этилен-пропилен-диен-метилен (EPDM); 6 – подконструкция: пространственная сетка, стальной трос $\text{Ø} = 12 \text{ мм}$; 7 – клемма троса, нержавеющая сталь; 8 – внутренний слой – акустическая мембрана: стекловолокно с алюминиевым Low-E-покрытием, воздухопроницаемая $0,32 \text{ кг/м}^2$, группа НГ; 9 – объемная трехполая арка, стальная труба $\text{Ø} = 419 / 36 \text{ мм}$; 10 – ламинированное безопасное стекло (VSG) $15,5 \text{ мм}$ с Low-E-покрытием, солнцезащитной точечной матрицей с различной степенью покрытия: 20 % (карниз), 80 % (конек), вертикальные швы – алюминиевый профиль, горизонтальные швы – силикон; 11 – крепежный алюминиевый профиль $60 / 80 \text{ мм}$; 12 – рамная стальная конструкция $150 / 250 / 16 \text{ мм}$



a

б

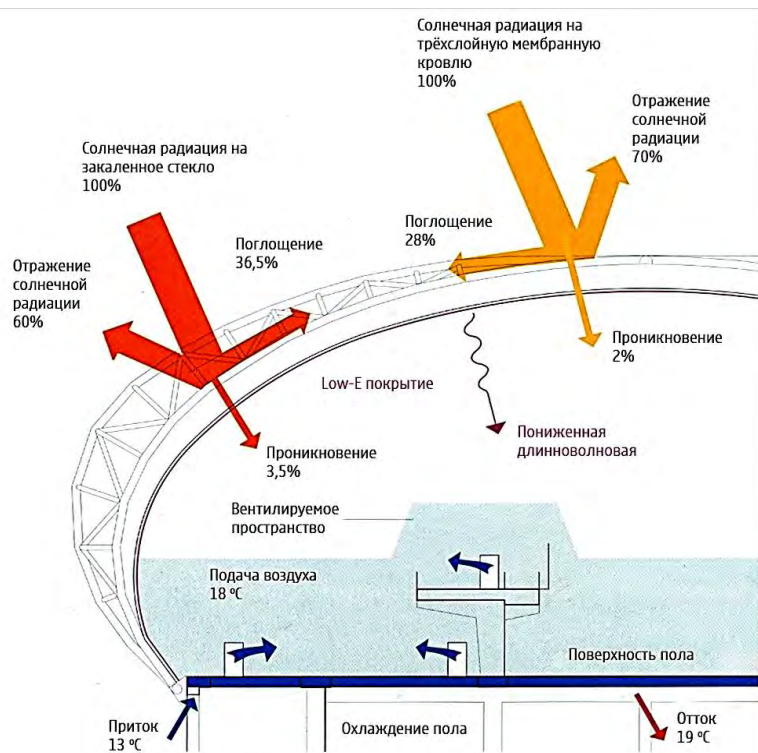
Рис. 3.7. Конструкции горизонтальной связующей «трубы» – зала ожидания (конкорса): *a* – монтаж поликарбонатных плит по пространственной сетке из стальных тросов подконструкции; *б* – разрез: 1 – объёмная трёхпоясная арка, стальная труба $\varnothing = 220\text{--}419$ мм; 2 – клапан установки дымоудаления; 3 – ламинированное безопасное стекло (VSG) 15,5 мм с Low-E-покрытием, солнцезащитной точечной матрицей с различной степенью покрытия: 20 % (карниз) 80 % (конёк); 4 – алюминиевый накладной профиль 60 / 80 мм; 5 – несущая остекление рамная стальная подконструкция 150 / 250 / 16 мм; 6 – трехслойное мембранное покрытие: *внутренний слой* – акустическая мембрана: стекловолокно с алюминиевым Low-E-покрытием, воздухопроницаемая, $0,32 \text{ кг/м}^2$; *средний слой* – звукоизоляция: поликарбонатная плита, 1000 / 1000 / 6 мм, $7,2 \text{ кг/м}^2$ по пространственной сетке, стальной трос $\varnothing = 12$ мм; *наружный слой* – защита против атмосферных условий: стекловолокно с защитным (PTFE) политетрафторэтиленовым покрытием, $1,2 \text{ кг/м}^2$; 7 – ввод свежего воздуха; 8 – стеклянный парапет, ламинированное безопасное стекло (VSG); 9 – козырёк, металлическая конструкция с алюминиевой обшивкой; 10 – железобетонная колонна 600 / 600 мм



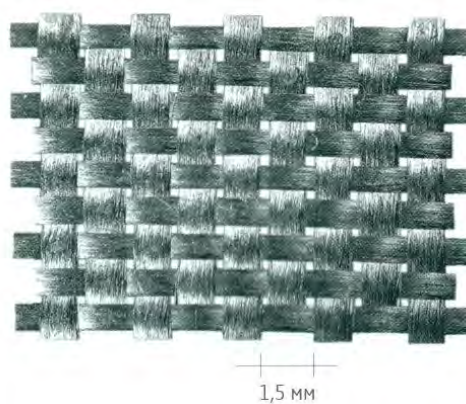
a



б



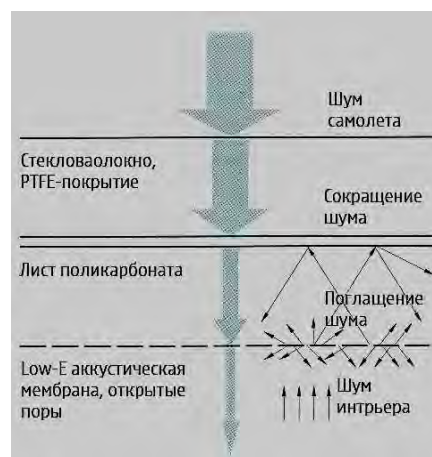
в



г



д



е

Рис. 3.8: *a* – термограмма разделения постоянных температурных воздушных слоёв в залах ожидания; *б* – градации снижения попадания дневного света через трехслойную кровельную мембрану; *в* – взаимодействие ограждающих конструкций оболочки здания с охлаждением полов и распределительной системой вентиляции; *г* – внутренний слой трехслойной мембраны с Low-E-покрытием; *д, е* – экстерьерный вид и акустическая диаграмма трехслойной мембраны

4. ЗДАНИЕ ЭЛЬБФИЛАРМОНИИ (ELBPHILHARMONIE) В ГАМБУРГЕ (ГЕРМАНИЯ)

Филармония Эльбы находится в конце набережной, построенная на месте портового склада она символизирует район города. Это место – центр общественной, культурной и повседневной жизни для жителей Гамбурга и гостей. Портовый склад был построен в 1963–1966 г. и до конца прошлого века использовался для хранения какао-бобов. Проект комплекса разработали *швейцарские архитекторы Жак Херцог (Jacques Herzog) и Пьер де Мерони (Pierre de Meuron)*, который предусматривает *сооружение стеклянного здания с изогнутой формой крыши на существующем бак-каменном складе набережной*. У здания 26 этажей общей высотой 110 м и, учитывая, что на верхних этажах будет находиться отель Radisson Blu, *филармонию можно считать наивысшим населённым зданием Гамбурга*. Пьер де Мерони о проекте говорит скромно: *«Гениальное тут — это местонахождение»*... Культурный комплекс на крыше бывшего склада высотой 38 м. Благодаря надстройке здание взмётнётся вверх, игра неожиданной кривизной выгнутых и вогнутых зеркальных поверхностей, частично надрезанных панелей *порождает эффект постоянно изменяющейся гигантской стеклянной волны* заставит зрителя врасплох. Расположившись на массивной старой постройке из красного кирпича и в точности сохраняя ее размеры по периметру, новый комплекс вздымается прямо из стен прежнего склада. Эльбская филармония становится одной из главных достопримечательностей и новым символом Гамбурга, в уникальный филармонический комплекс превратятся старые гамбургские склады (см. рис. 4.1, 4.2).

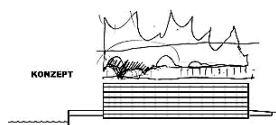
Основные принципы решения фасада были задуманы в начале 2006 г. *Новое здание обернуто в стеклянный фасад, составленный из модульных единиц*, контрастирующий с монолитным кирпичным складом, на котором располагается стеклянная структура. *Новая филармония – это культурный и жилой комплекс, включающий филармонический концертный и камерный музыкальный залы на 2100 и 550 мест*. Обрамлением этих двух ключевых функциональных зон служит пятизвездочный отель, а также соответствующая инфраструктура: рестораны, спацентры, конференцзалы и квартиры класса «люкс». В верхней части склада над городом раскинулась доступная всем *обзорная терраса – «Плаза»*, отсюда попадаем в фойе новой филармонии. *Длинный эскалатор с панорамным окном, ведущий на крышу склада, слегка изогнут, так что конечный пункт движения не виден*. Широкий диапазон функций объединен исключительным стеклянным фасадом. Изменяя использование *двух основных модульных стеклянных типов*, архитектурный язык отражает различные требования в зависимости от местоположений в здании и формирует выразительный интерактивный фасад. Для взаимодействия интерьера с внешней средой, авторы *разрезали, сформировали и открыли массивную стеклянную кожу*. Основной целью было *обеспечение естественной вентиляции, так же как изоляции запахов и звуков* гавани и Эльбы. Формальная деформация остекления создает проёмы в фасаде и даёт богатую пищу для фантазии и размышлений, которые

могут быть совершенно разными, в зависимости от местоположения зрителя, погоды. *Фасадные панели типа 1* изготовлены на основе однокамерных стеклопакетов из двух ламинированных безопасных стекол: 2×8 и 2×6 мм. При *моноостеклении типа 2* используется ламинированное безопасное стекло 3×8 мм. Фасад лоджии – защита от ветра, обзорная рама с выпуклой стеклянной пластикой и элементами парапета из укрепляющего пластмассу стекловолокна – открыт наружу через стеклянную секцию U-образной формы. Наряду с солнцем и теплозащитным покрытием на стеклах на различных уровнях нанесен *серый* точечный печатный рисунок, а также *хромированное* зеркальное покрытие в виде точечного рисунка что *обеспечивает солнцезащиту и оптимизацию параметра энергопропускной способности остекления примерно на 25 %*. Обладаящее электропроводностью *хромированное покрытие* в сочетании с конструкцией стекла *отвечает требованиям по глушению радиоволн*. Обзор лишь *разряжается, но никогда не закрывается полностью*. Печать точек на слоях стеклопакета при рассмотрении с близкого расстояния создаёт впечатление большой глубины пространства, видимость увеличенной толщины остекления. Точечная сетка составлена из больших точек с диаметром до восьми миллиметров, и маленьких – до одного миллиметра. *Внешняя сторона точки с ее отражающим покрытием изменяется по интенсивности и тону в зависимости от погоды и перспективы* (рис. 4.3–4.6).

Гнутое остекление произведено по технологии *гравитационного изгиба*: плоское оконное стекло помещается в форму и при нагревании в печи под тяжестью собственного веса стекло опускается и принимает необходимую геометрию по форме матрицы. Ширина каждой комнаты соответствует двум-пяти модульным единицам, объединённым в целостное изображение. Различие достигнуто *горизонтальным и вертикальным их смещением*, а также *вращением элементов в разные стороны, и различными комбинациями зеркально-хромового покрытия и серой точечной печати*. Располагаются фасадные панели без повторения положения в соседних секциях. Чтобы достойно справляться с уникальными задачами, *выделилась специальная группа – Digital Technology Group – цифровых технологий, обеспечивая сопровождение процесса проектирования со сложной геометрией* (рис. 4.7, 4.8).

Оставив нетронутыми лишь стены склада, полностью заменив несущий остов здания, закрепили стены временным стальным каркасом, установив 650 дополнительных колонн для укрепления структуры нижней части. Несущая система покрытий – *сеть провисающих металлических балок и ферм с профнастилом*, которая *приподнята над основным железобетонным каркасом на опорах контрастно разной высоты*.

В интерьерах залов преобладают мягкие, плавные формы в контрасте брутальному прямолинейному объёму склада. Открытие – начало 2017 г.





a



б



в



г



д



е

Рис. 4.1. Предистория: *a* – Гамбургский Шпайхерштадт (до сих пор считается самым большим складским комплексом в мире); *б, в* – Кайзершпайхер после военных бомбардировок не подлежал восстановлению в прежнем виде; *г, д* – пример утилитарной архитектуры, где разгружали табак, чай, кофе, какао; *е* – наши дни



a



б



в



г



д

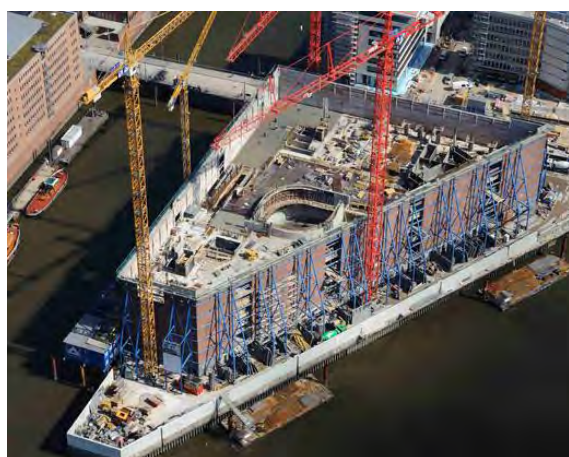
Рис. 4.2: *a, б* – компьютерное моделирование видов комплекса Эльбфилармонии;
в – фрагмент фасада; *г, д* – решение интерьеров концертных залов



а



б



в



г



д



е

Рис. 4.3. Этапы строительства комплекса: *а* – система провисающих покрытий; *б, в, г* – объекты с нетронутыми стенами склада с полностью замененным несущим остовом здания с закрепленными стенами временным каркасом стен; *д, е* – монтаж фасадных светопрозрачных панелей

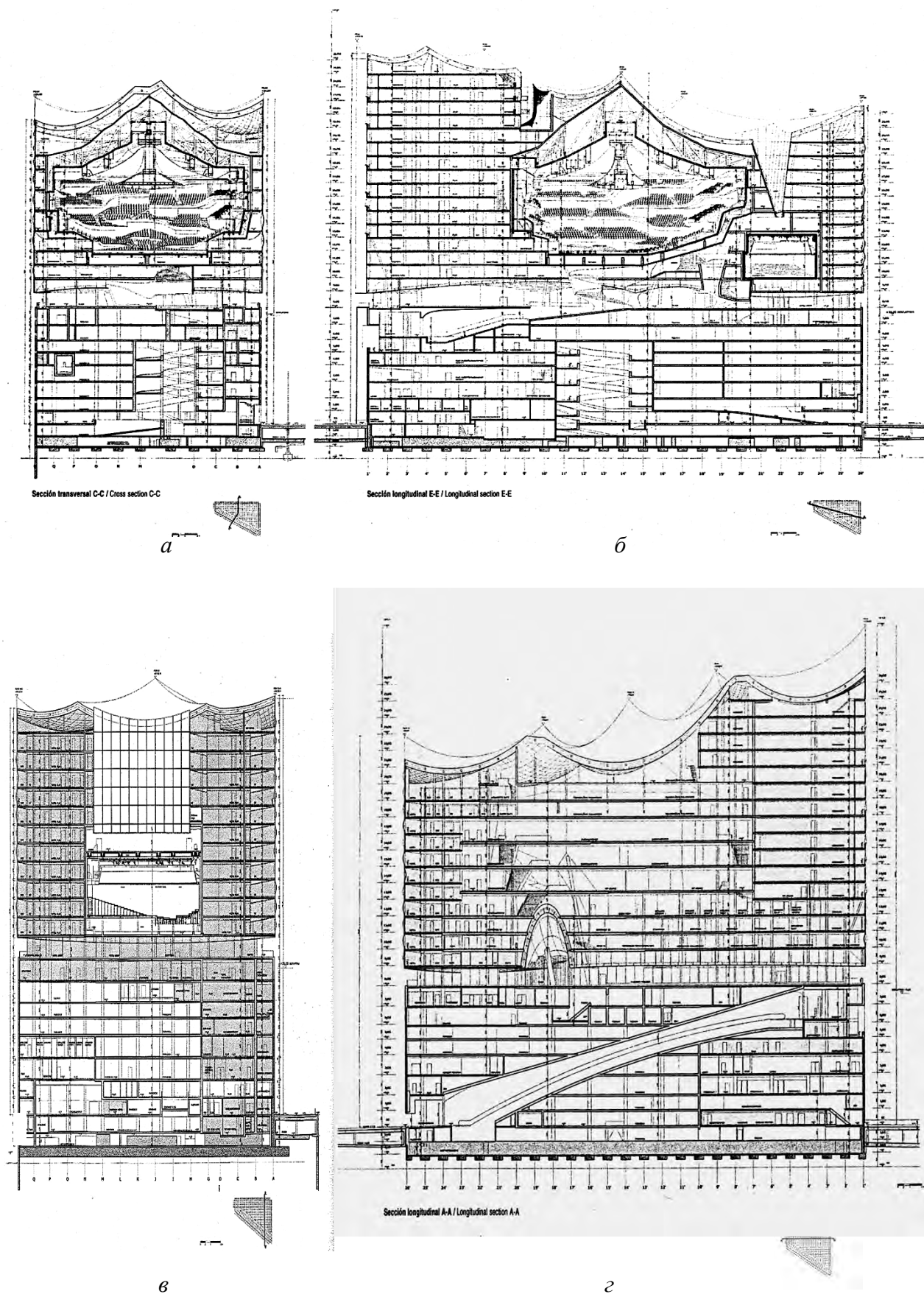


Рис. 4.4: Разрезы: *a* – поперечный разрез по залу; *б* – продольный разрез по залу; *в* – поперечный разрез; *z* – продольный разрез по эскалатору

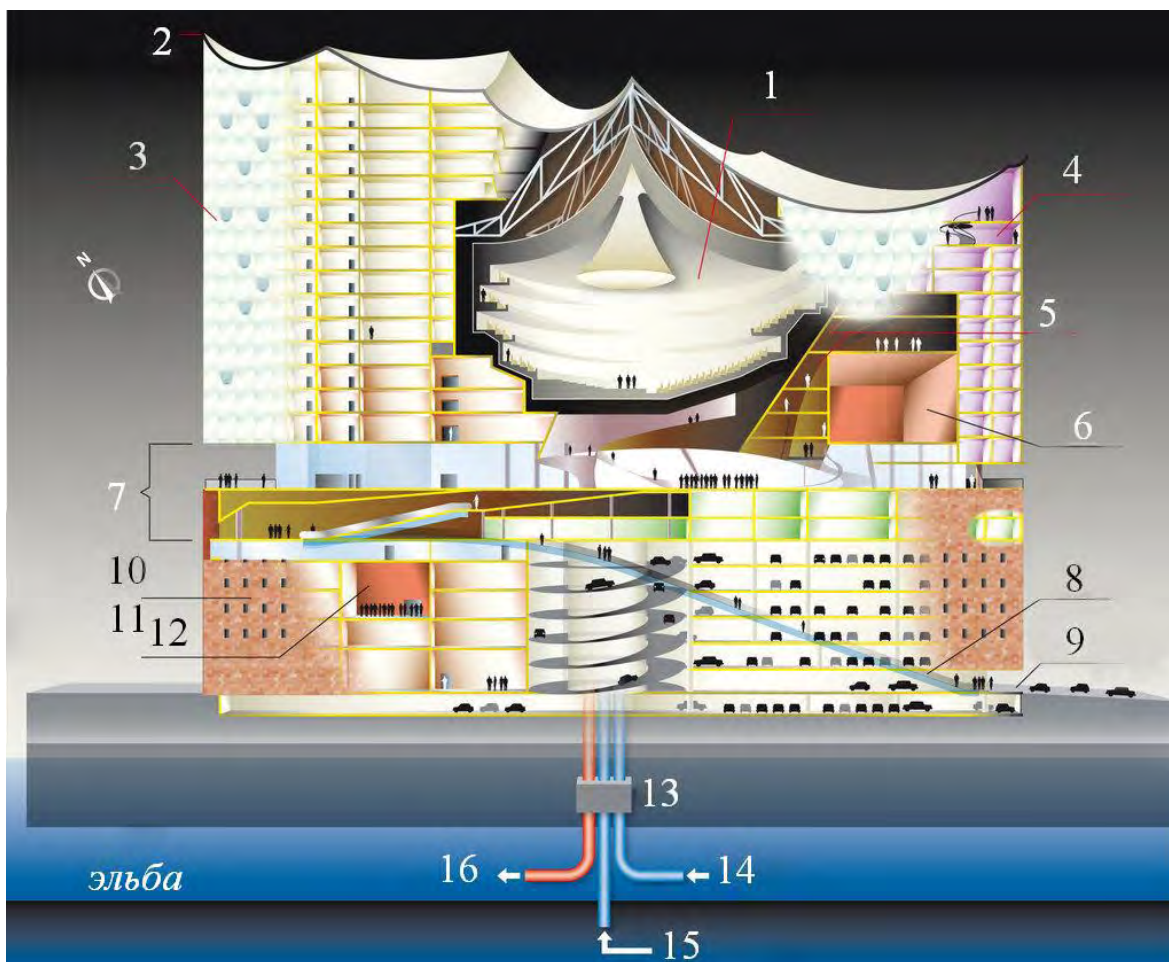


Рис. 4.5. Зонирование: 1 – основной концертный зал на 2150 мест; 2 – самая высокая точка здания на высоте 110 м; 3 – 45 номеров от 100 до 300 кв. м; 4 – пятизвёздочный отель на 247 комнат; 5 – фойе; 6 – второй концертный зал на 550 мест; 7 – плаза; 8 – эскалатор; 9 – подъезд к подземному гаражу на 510 автомобилей; 10 – ресторан; 11 – закулисная зона; 12 – третий концертный зал на 170 мест; 13 – охлаждающий насос; 14 – вода из Эльбы, закачиваемая насосом-распределителем; 15 – грунтовые воды, также используемые для терморегуляции; 16 – горячая/холодная вода назад на Эльбу



Рис. 4.6: а – план восьмого уровня: открытая для посетителей обзорная площадка (*Plaza*); б – план шестнадцатого уровня: главный концертный зал, номера отеля

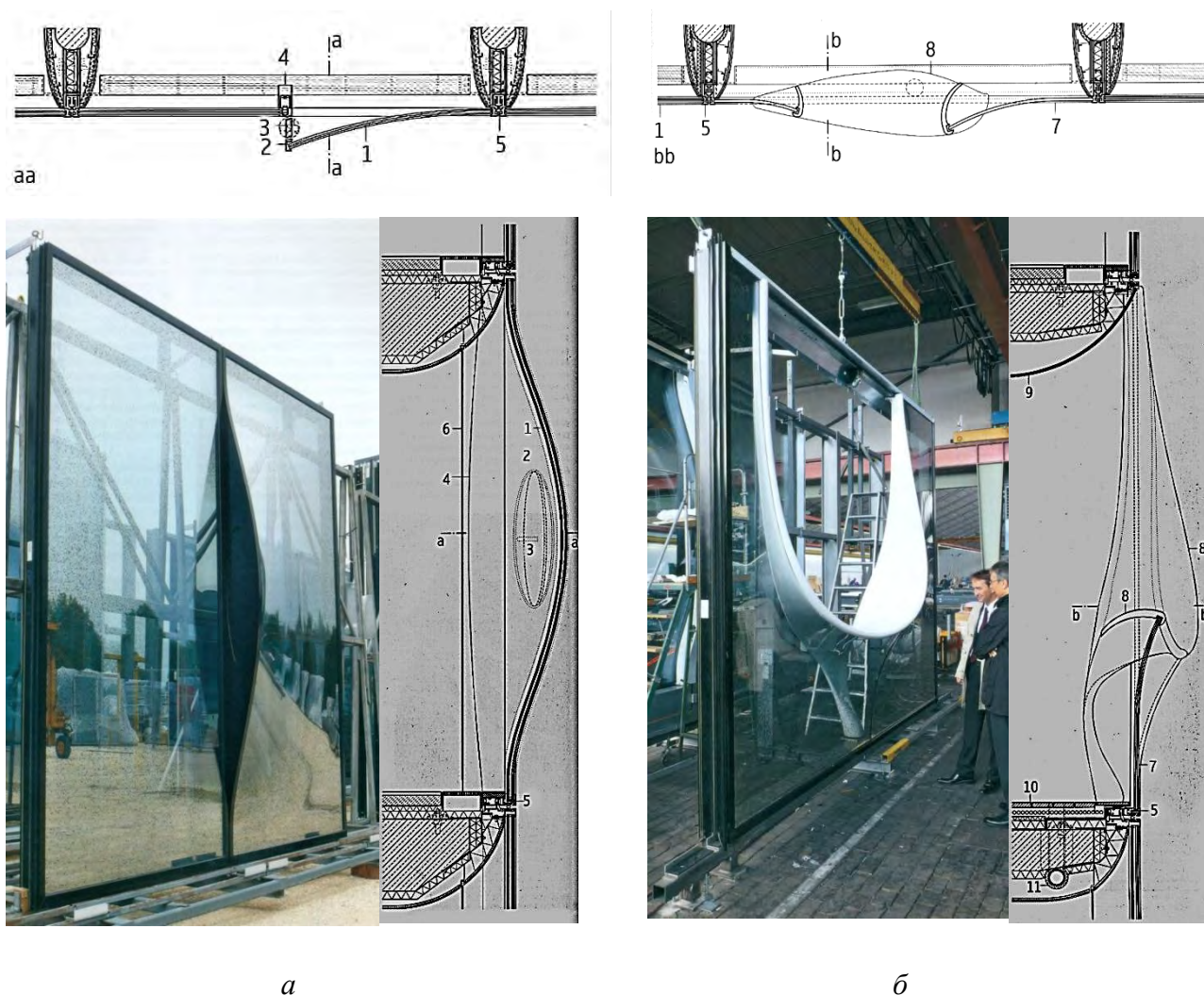


Рис. 4.7. Типы используемых стеклянных панелей (вид, план, разрез): *а* – *Tun-1*: фасадная панель заводского изготовления с двойным остеклением; *б* – *Tun-2*: фасадная панель лоджий заводского изготовления одинарного остеклением в мастерской подрядчика Гартнера в Гундельфингене (*Gartner in Gundelfingen*); 1 – солнцезащитное /теплоизоляционное остекление (панели) отформованные термически, плоское или имеющее выпуклость, направленную наружу или внутрь, высотой (h) = 3350 мм и шириной (b) = 2150 / 2500 мм (в осях): ламинированное безопасное стекло 2×8 мм + полость 16 мм + ламинированное безопасное стекло 2×6 мм, солнцезащита – до 25 %; 2 – алюминиевая / теплоизоляционная сэндвич-панель 80 мм; 3 – окно, управляемое вручную; 4 – криволинейный облицовочный короб из нержавеющей стали; 5 – алюминиевый чёрный профиль (RAL 9005); 6 – солнцезащитный и антибликовый экран; 7 – одинарное остекление отформованное термически выпуклое наружу высотой (h) = 3350 мм и шириной (b) = 2150 / 22 502 500 мм (в осях): ламинированное безопасное стекло 3×8 мм; 8 – перила с интегрированным пазом для крепления остекления, предварительно изготовленный GRP элемент с отделочным слоем, белый (9016); 9 – органическое финишное покрытие по основанию-плите подвесного потолка; 10 – настил из дубовых досок 30 мм; 11 – система дренажа лоджии



a



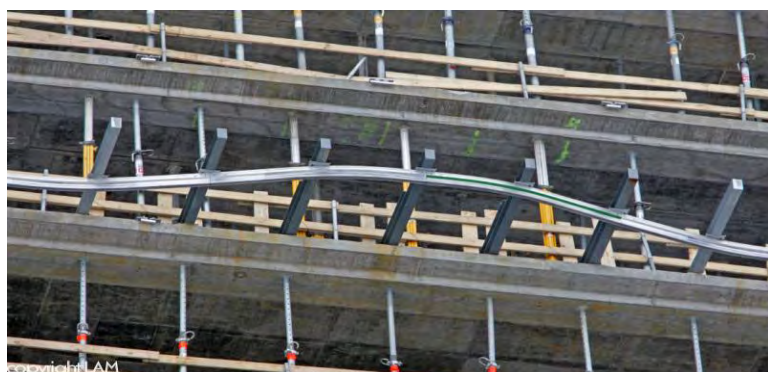
б



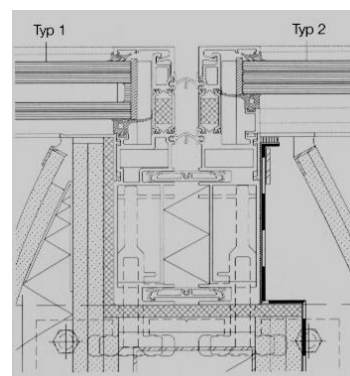
в



г



д



е

Рис. 4.8. Остекление Эльбфилармонии: *a* – фрагмент узора; *б* – общий вид фасадной панели; *в* – изгиб панели; *г* – фрагмент фасада; *д* – алюминиевый профиль, к которому панели закрепляются на стыках; *е* – узел стыка двух типов панелей (план)

5. ЭДЕН ПРОЕКТ (БИОМЫ) В КОРНУОЛЛЕ

В 2001 г. в Корнуолле, юго-запад Англии – регион самого мягкого климата, был открыт крупнейший ботанический сад, который обеспечивает среду обитания для деревьев и растений из трех различных климатических зон. *Сады Иден* (буквально «Eden Project» следует переводить как «Проект Эдем») придумал Тим Смит (Tim Smit) – девелопер проекта. Проект разработан *бюро «Николас Гримшоу и партнеры»*, Лондон (Nicholas Grimshaw & Partners, London).

Этот ботанический сад – часть программы «Миллениум», он призван продемонстрировать глобальную связь всего живого и зависимость человека от растений. Он расположен на территории в 15 гектаров в бывших карьерах для добычи каолина в Корнуолле. Новый мировой *архитектурный мегааттракцион* – самое известное здание 2001 г. Эден – магнит для публики: купала выглядят материализацией мистических «пузырей земли». В оранжереях-«биомах» содержится множество видов растений со всего мира, создан контролируемый климат.

Главный комплекс сооружений состоит из трех частей. Самая большая часть Humid Tropic Biomes (*НТВ*) состоит из 4 куполов (*ABCD*). Здесь размещается субтропическая часть мира. Купол *B* имеет самый большой диаметр почти 125 м, высоту – до 55 м. Другие 4 купола (*EFGH*) формируют Warm Temperature Biome (*ВТВ*) сухой и жаркий климат длиной около 150 м, шириной 56 м и высотой до 35 м. Биомы соединяются тонким зданием (Link) покрытым травой. Верхние пояса – диаметром 193,7 мм, нижние пояса и диагонали – от 76,1 до 168,3 мм. Биомы, с общей площадью поверхности – 39 540 м², покрыли около 2,2 га земли длиной 200 м, шириной 100 м и высотой 55 м (безопорное пространство 15 590 м² – *ВТВ* и 6540 м² – *НТВ*), строились 2,5 года.

Стальные конструкции двух гигантских куполов были разработаны из *MERO* пространственной каркасной системы: трубы соединялись болтами посредством узловых соединений. Проектирование биом, по словам Н. Гримшоу, – *тренировка эффективности – как пространства так и материала.* Структурно каждый купол является *hex-tri-hex* пространственным каркасом с четко выделенными двумя слоями. Эффективность сооружения в конечном итоге зависит от геометрических параметров профильных компонентов: стальных труб и их узловых соединений (так называемых *коннекторов*), которые являются легкими, относительно небольшими и легко транспортируются.

Из двух вариантов была выбрана концепция пространственной конструкции с сетчатой перекрёстно-стержневой купольной структурой, основанной на гексагональной геометрии, разработанной архитекторами Nicholas Grimshaw and Partners NGP вместе с инженерами Anthony Hunt Associates ANA. Геометрия и структура была модифицирована *MERO*. Результатом этой оптимизации стала *двухслойная структура* с характеристиками гексагональной геометрии верхнего пояса (рис. 5.1, 5.2).

Эдем купола имеют геодезическую сферическую сетку. Они сферические, так как элементы сетки, обычно узловые точки, лежат на поверхности сферы.

Эта сетка называется «геодезической», так как она имеет форму, структуру и симметричные пропорции геодезических куполов Бакминстера Фуллера (Buckminster Fuller). Однако в проекте была предложена живописная композиция из врезанных друг в друга разномасштабных куполов. Конструктивная сетка состоит из двух концентрических, сферических слоев: внешняя решетка – гексагональная, «сотовая» («Hex-Net»), в то же время как внутренняя – состоит из треугольников и шестиугольников и называется поэтому («Tri-Hex-Net»). Укрупненная ромбовидная сетка внутренней решётки также просматривается в двух пересекающихся направлениях сквозь небо в паутине динамично меняющейся игры геометрий труб.

1100 стыковочных узлов в виде чаши с углублением, диаметром около 400 мм с толщиной стенки 40мм были отлиты из стали. Общий вес стальных конструкций – 700 т, удельный вес стальных конструкций на единицу площади – менее чем 24 кг/м^2 (рис. 5.3).

При пересечении куполов образовались объемные, трёхъярусные арочные фермы пролетами до 100 м, сечениями верхних поясов – 219,1 мм, нижних – 159 мм и диагональных раскосов – 101,6 мм. По словам Э. Уоли партнера Grimshaw, формы на основе шестиугольников, сотов наподобие мушиных глаз, часто появляются в природе, они наиболее эффективны. В местах пересечения сфер разных объёмов шестиугольники меняют форму, чтобы органично присоединиться к арочным фермам, связывающим купола. Соединение навеяно бионическими принципами: сопряжением – крыльев стрекоз к телу, легчайшая кожа которых также составлена из шестиугольной сетчатой структуры. Для цельности объёмно-пространственной композиции комплекса точки центров всех куполов разных радиусов лежат в единой горизонтальной плоскости.

Панели покрытия – трехслойные слоистые подушки, наполненные воздухом, с высокими характеристиками ETFE пленки, эффективны для окружающей среды с максимальным выходом полезной светопрозрачной площади и минимальным периметром обрамления. Этот материал пропускает больше ультрафиолета и также обеспечивает хорошую тепловую изоляцию. Покрытие биомов запроектировано из более чем 800 гексагональных панелей трубчатого сечения с заполнением подушками из прозрачной ETFE (Ethyltetrafluorethylene) пленки толщиной от $50 \cdot 10^{-6}$ до $200 \cdot 10^{-6}$ высотой в 1,5 м, наполненными воздухом под давлением около 300 Ра. Панели варьируются в размерах с наибольшими размерами на вершине сооружения, доходя до максимума площади шестиугольника 80 м^2 при пролёте 11 м. Каждый из 187 опорных узлов имеет отличные друг от друга геометрические параметры. Железобетонные фундаменты длиной 858 м, шириной 2 м, высотой 1,5 м, уложены по верху свай высотой 12 м, для устройства которых в грунте были просверлены колодцы (рис. 5.4 а и б).



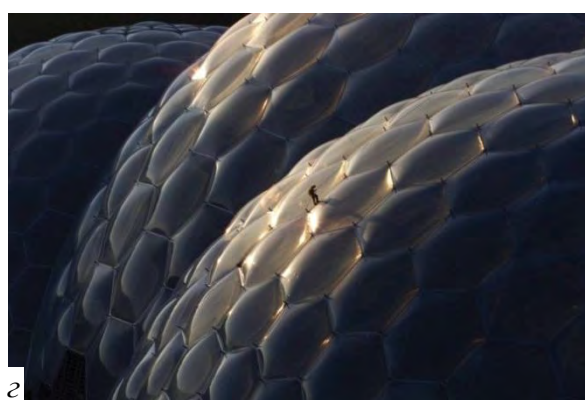
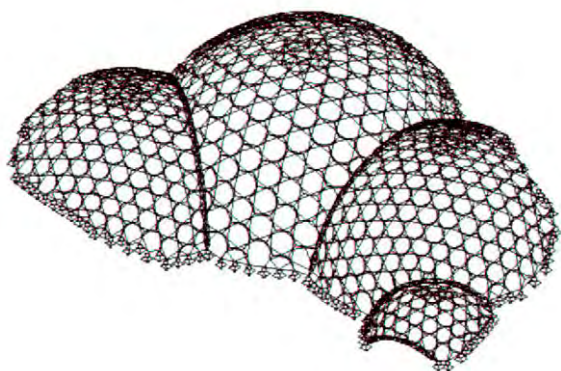
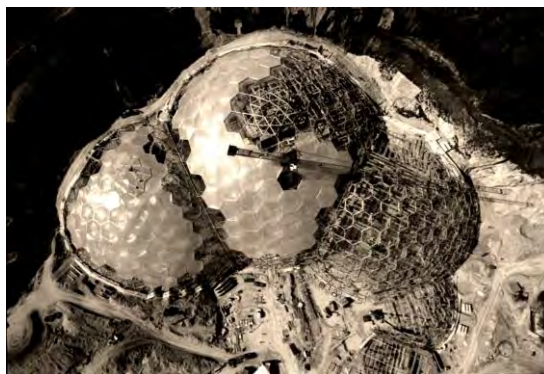


Рис. 5.1: *а* – панорамный вид геодезических куполов «биом» Эден проекта; *б* – вид садов ночью; *в* – «Hex- Tri- Hex» структура «биом»: конструктивная сетка состоит их двух концентрических, сферических слоев: внешняя решетка – гексагональная, «сотовая» («Hex-Net»), в то же время как внутренняя – состоит из треугольников и шестиугольников и называется поэтому («Tri- Hex-Net»); *г* – масштаб сотовых покрытий с ETFE пленки «биом»



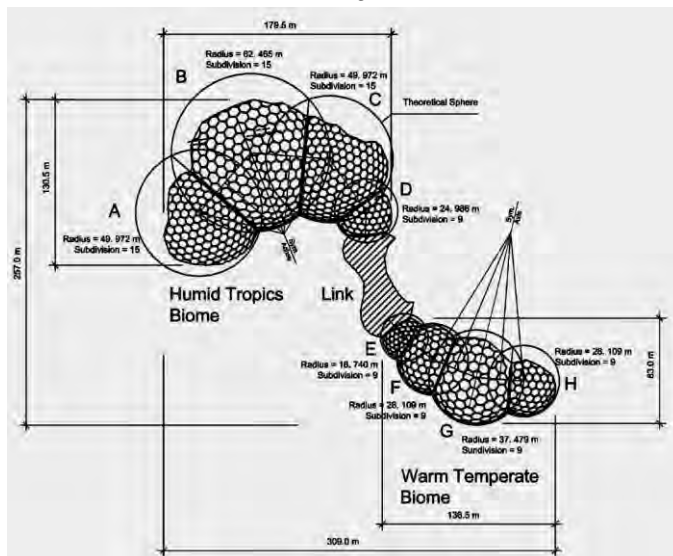
a



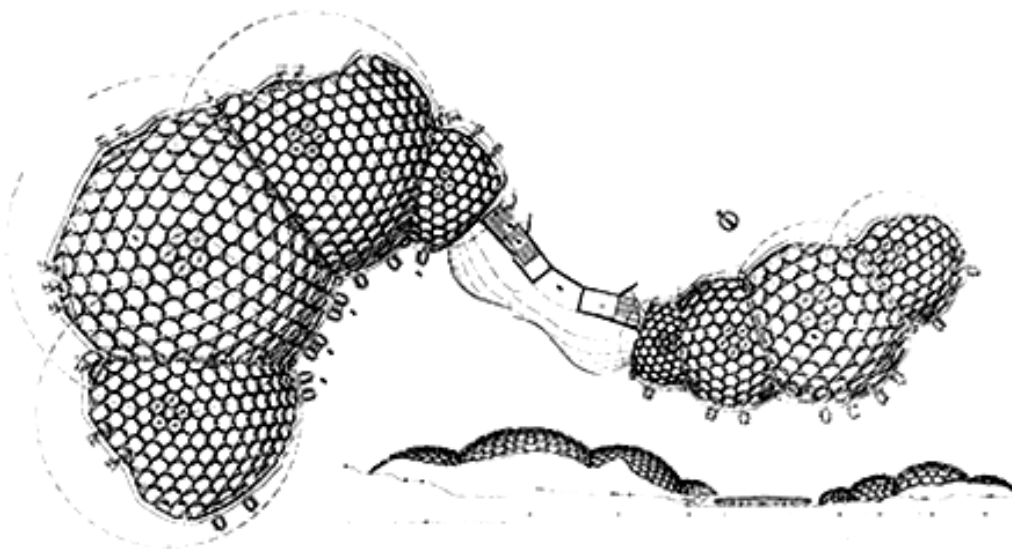
б



в



г



д

Рис. 5.2: *a* – статическая модель НТВ «биомы»; *б* – возведение НТВ «биомы»; *в* – генплан; *г, д* – план покрытия садов



а



б



в



г



д



е

Рис. 5.3: *а, б, в* – стандартный узел сопряжения верхних поясов в виде чаши; *г* – стыковочный узел поясов нижнего пояса и диагоналей; *д* – конструкция опорного узла; *е* – вид объёмной трёхпоясной арочной фермы на стыках «биом»

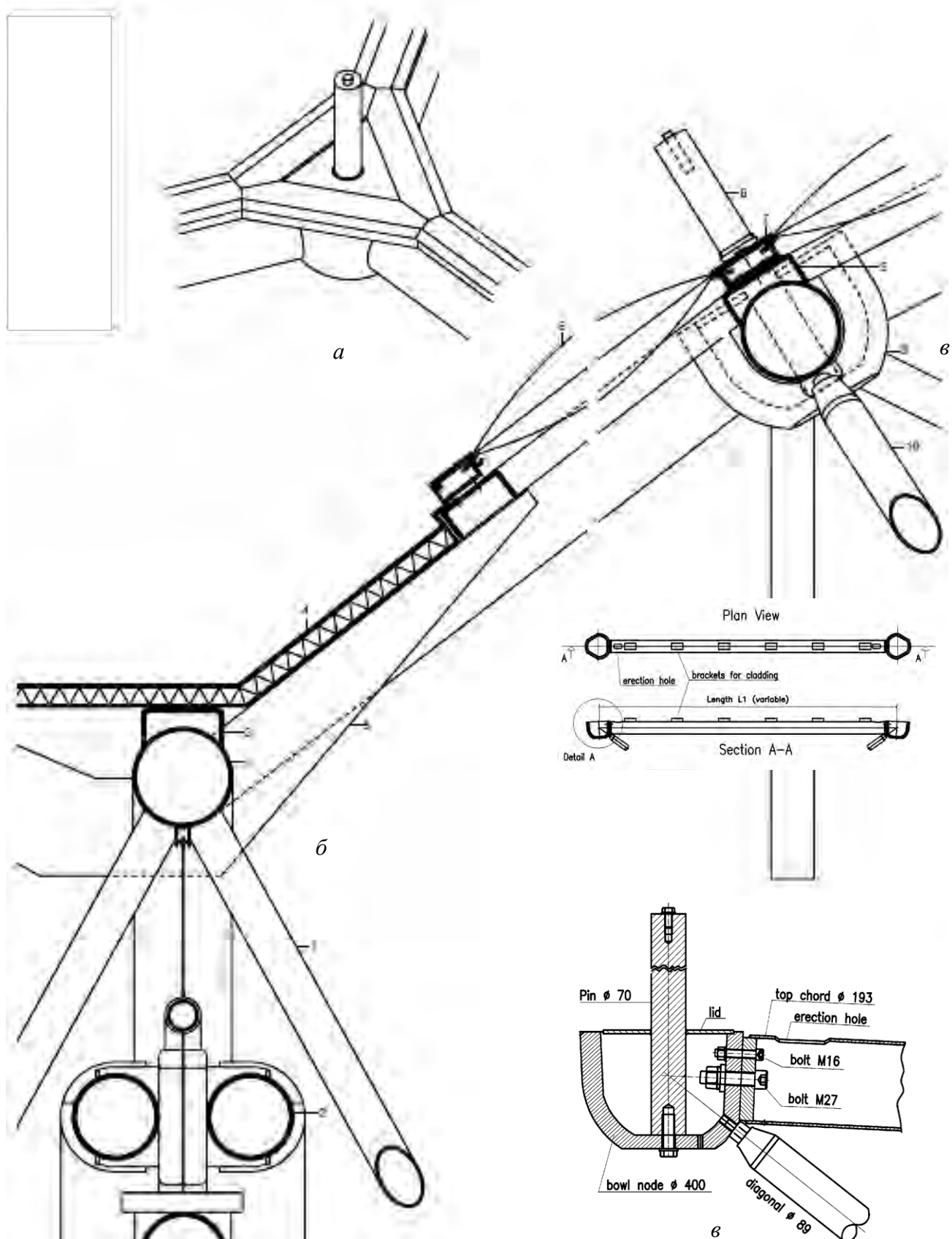


Рис. 5.4: *a* – аксонометрия стандартного узла сопряжения решеток верхних поясов; *б* – узел стыка «биом» (объемная арочная ферма) и стандартный узел сопряжения в виде литой чаши; *в* – узел литой чаши

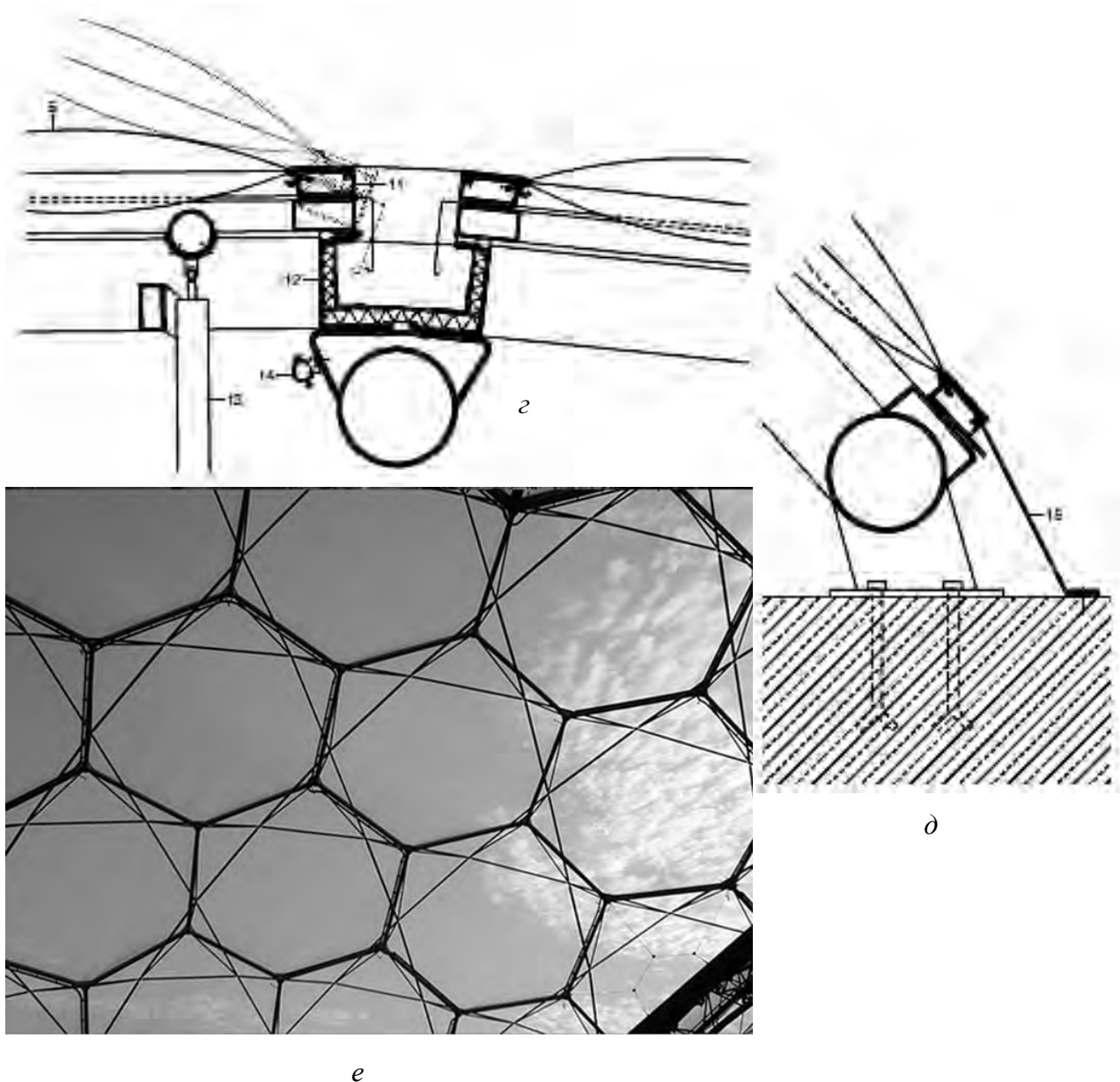


Рис. 5.4: *a* – узел желоба и системы открывания; *b* – опорный узел; *c* – укрупненная ромбовидная сетка внутренней решётки; 1 – треугольная решетка объёмной арочной фермы, состоящая из стальных труб диаметром 219, 1\159, 6\101,6 мм; 2 – ПВХ вентиляционные каналы с полиэтиленовыми креплениями; 3 – стальной гнутый профиль $\delta = 6$ мм; 4 – утеплённые алюминиевые панели желоба с герметизирующей обшивкой; 5 – 10 мм стальной кронштейн для крепления желоба; 6 – трехслойные надувные подушки из ETFE-плёнки; 7 – алюминиевая клемма; 8 – стальной цилиндр, $\varnothing = 70$ мм; 9 – литой стальной узел; 10 – стальная диагональная труба, $\varnothing = 89$ мм; 11 – прессованный алюминиевый каркас для поворота клапана; 12 – композитный листовой металл – пластик желоба, утеплитель, стальной профиль; 13 – пневматический цилиндрический открывающий вал; 14 – труба, находящаяся под высоким воздушным давлением, для работы клапана; 15 – лента ПВХ, закреплённая по краям

6. КУЛЬТУРНЫЙ ЦЕНТР ЖАН-МАРИ ТЖИБАО (JEAN MARIE TJIBAOU) В НОВОЙ

Ренцо Пьяно (*Renzo Piano*) – итальянский архитектор, один из родоначальников стиля хай-тек. В 1995 году Пьяно был удостоен Императорской премии, в 1998 — Притцкеровской премии.

Культурный центр Жан-Мари Тжибао – необычный архитектурный комплекс, расположенный недалеко от столицы Новой Каледонии, города Нумеа, в окружении океана и пышной тропической растительности.

Новая Каледония – заморское особое административно-территориальное образование Франции, находящееся на юго-востоке Тихого океана. Жан-Мари Тжибао был одним из лидеров канаков, местного населения, выступавшим за полную независимость родной страны. Он был убит экстремистами в 1989 году. В память о борце за свободу и был выстроен культурный центр, получивший его имя. На территории 3500 м² раскинулись экспозиции, посвященные как истории, так и современной жизни канаков – народа, населявшего эти территории задолго до прихода европейцев.

Ренцо Пьяно соединил в комплексе как традиционные, так и современные методики градостроительства. Фактически, *это не здание, это деревенский пейзаж, сочетание строений и открытых пространств*, засаженных деревьями, с заполнениями и пустотами. Идущий вдоль гребня мыса легкий крытый проход соединяет разные части комплекса. Визуальная связь между ними и традиционными деревнями канаков прочитывается вполне определенно – и в конструкциях и в формах. *Павильоны центра сгруппированы в три деревни*: в одной проходят выставки, в другой разместились офисы и административный штат, третья — студии для занятий музыкой, танцем, живописью и скульптурой. *Центр состоит из 10 элементов различной высоты (от 20 до 28 м), внешне напоминающих традиционные хижины каледонской деревни*. Здание прекрасно вписывается в окружающую среду – словно яйцевидные «скорлупки», только выстроенные из дерева, стали и стекла, стоят изогнутые структуры центра. В Культурном центре Жан-Мари Тжибао все выполнено по последнему слову техники с применением всех самых необходимых и современных материалов, с учетом особенностей местного климата (рис. 6.1, 6.2).

Конструкция «хижин» представляет собой два слоя деревянных «костяков», соединенных между собой системой стальных связей. Эти сооружения воплощают *новую технологическую версию традиционных хижин конической формы* и высятся над девственной растительностью, преобразуя линию горизонта, сохраняя при этом неизменной гармонию естественной природы. Центр Жана Мари Тжибао являет нам чарующий образ, поскольку его поэтика составляет звено в цепи, объединившей местные традиции и современность. С одной стороны, это, несомненно, хай-тек. С другой, это центр первобытной культуры. *Соединения хай-тека и первобытности создает завораживающий эффект новизны*. Геометрия кокона башни не объяснима из европейских представлений о физике. Параллельные тут сходятся. Образ придуманного Пьяно объема явля-

ется отпечатком дующего тебе в лицо ветра, и геометрия силовых линий здесь расположена подобно графику силовых линий воздуха, обдувающего парус или разряженного оперения верхушки крыла парящей высоко в воздухе птицы. Пьяно создал образ какого-то альтернативного европейскому летательного аппарата, на котором канаки уже давно ездят в свой канакский Космос, основываясь на ведомых им канакских технологиях.

Снаружи центр обрамлён деревянными досками разной ширины на разном расстоянии друг от друга – они производят оптический эффект легкой вибрации, который усиливает сходство с деревьями, колышущимися на ветру. Выбранный сорт дерева – *ироко*. Оно легко обрабатывается и похоже на переплетенные растительные волокна местных конструкций, противостоит насекомым, гниению. В комплексе используется ламинированное и ошкуренное дерево, бетон и коралл, алюминиевые отливки и стеклянные панели, древесная кора и нержавеющая сталь. Все это создает ощущение богатства и сложности деталей. *Эти конструкции – выражение гармоничных отношений с природой, свойственное канакской культуре.*

Каркасы для всех скорлуп были *предварительно изготовлены* во Франции и собраны на строительной площадке. Навеянные духом традиционного жилища, *гигантские хижины с круглым планом* имеют тщательно разработанную *двойную структуру* с вертикальными, прямыми и изогнутыми элементами, которые *соединены вместе* металлическими горизонтальными и вертикальными *связями*, гарантируют общую устойчивость. С максимальной высотой в 28 м, «скорлупы» должны противостоять сильным ветровым воздействиям. Стальные ветровые связи составляют единое целое с деревянными элементами, которые объединяются и стягиваются стержнями и растяжками.

Использована *двойная крыша* – воздух свободно циркулирует между двумя слоями ламинированного дерева. Отверстия во внешней оболочке организованы таким образом, чтобы использовать муссонные ветры, дующие с моря. Потоки ветра регулируются стеклянными крышами. На середине высоты стальной диск покрытия с уклоном в 45° накрывает внутренний объем. Когда легкий бриз, они открываются для лучшей вентиляции. Когда ветер крепчает, они закрываются, начиная с основания. *Система была создана при помощи компьютеров и моделей, протестированных в аэродинамической трубе.*

Замечательный сплав стали и дерева в этой структуре, названный мастерским исполнением, подчеркнут геометрической чистотой дизайна. Структура поверхностей неясна без образа канакской плетенки. Это не стилистические «цитаты» канакской материальной культуры. Это проникновение в иную картину мира, устроенную не только на иной мифологии, иных символах, иной истории, но и на иных физических основаниях (рис. 6.3–6.7).

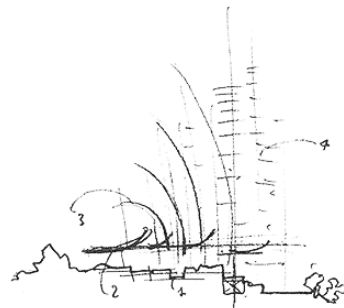
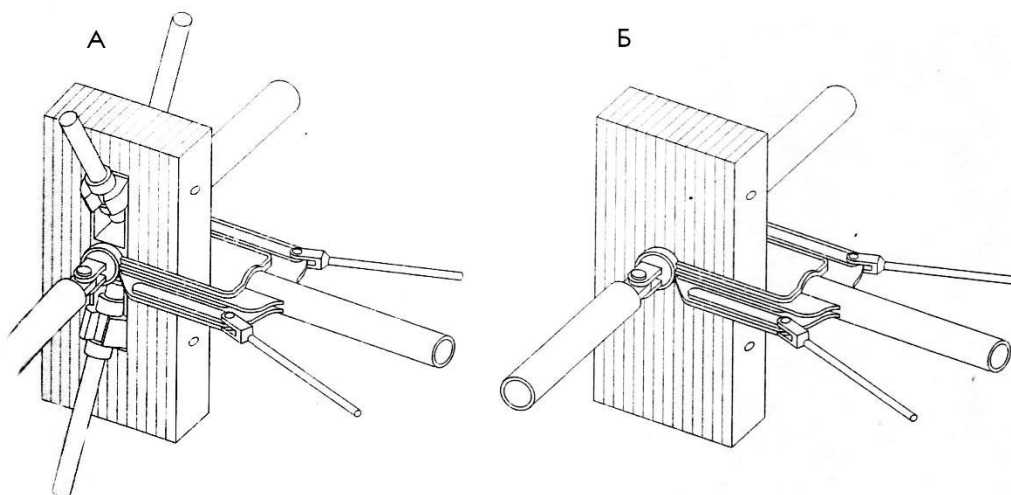




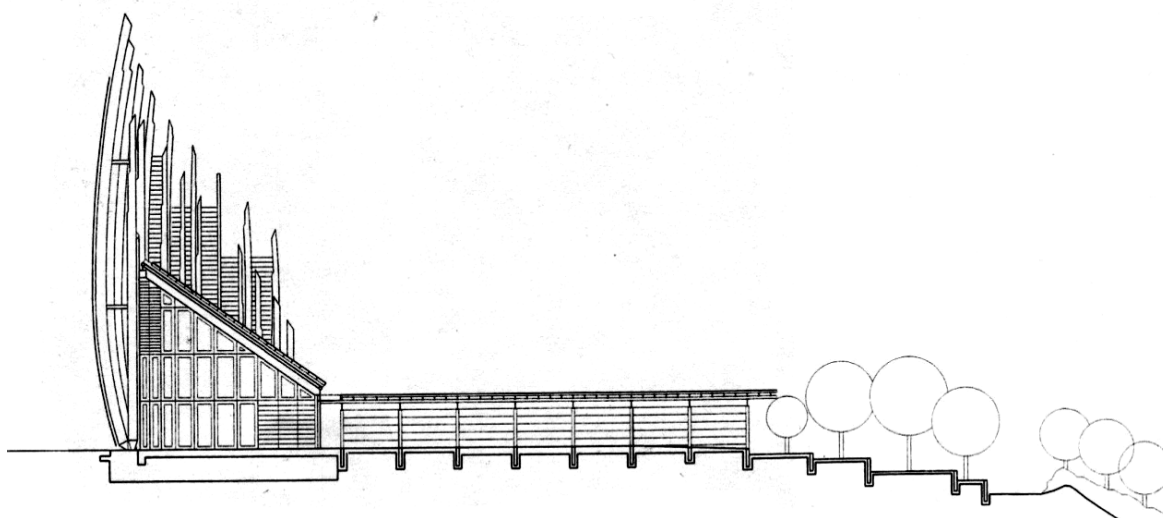
Рис. 6.1. Чарующий образ культурного центра Жан-Мари Тжибао



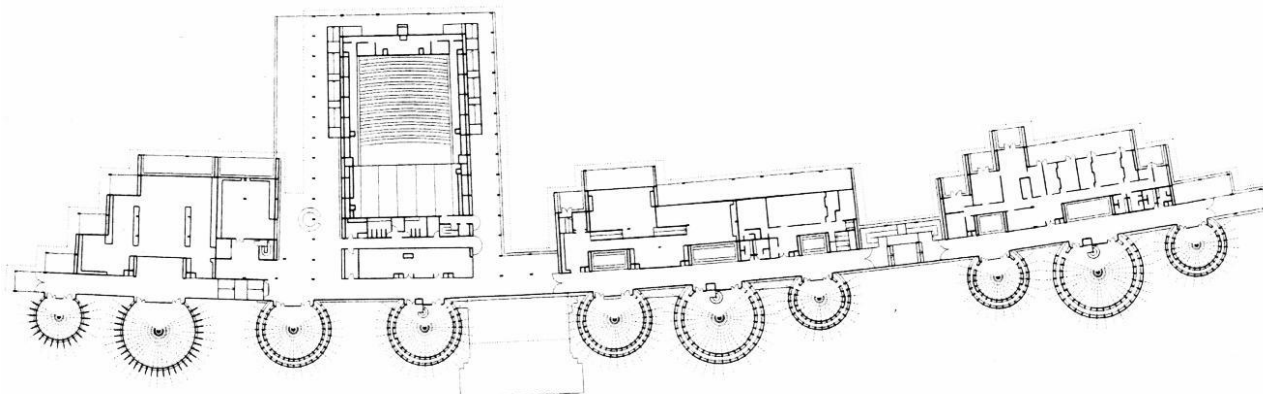
Рис. 6.2. Центр Жана Мари Тжибао объединяет местные традиции и современность. Соединение хай-тека и первобытности создает завораживающий эффект новизны



a

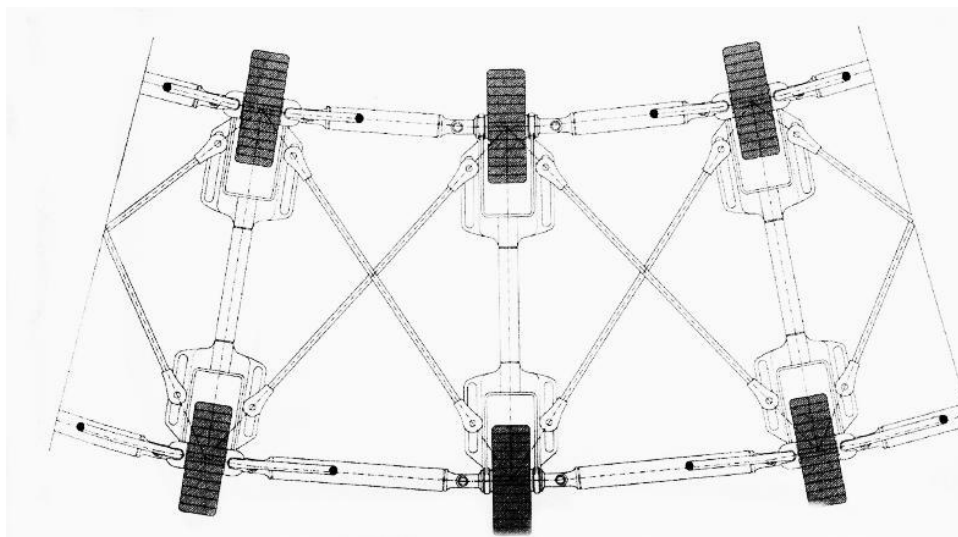


б

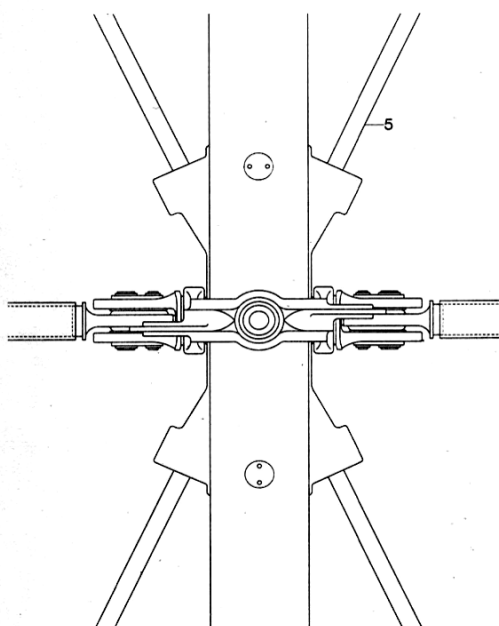


в

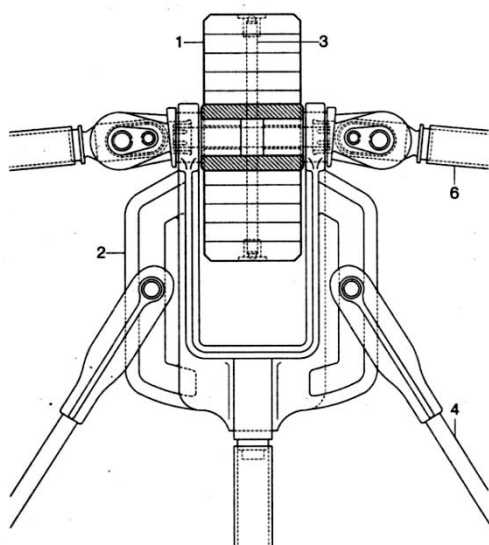
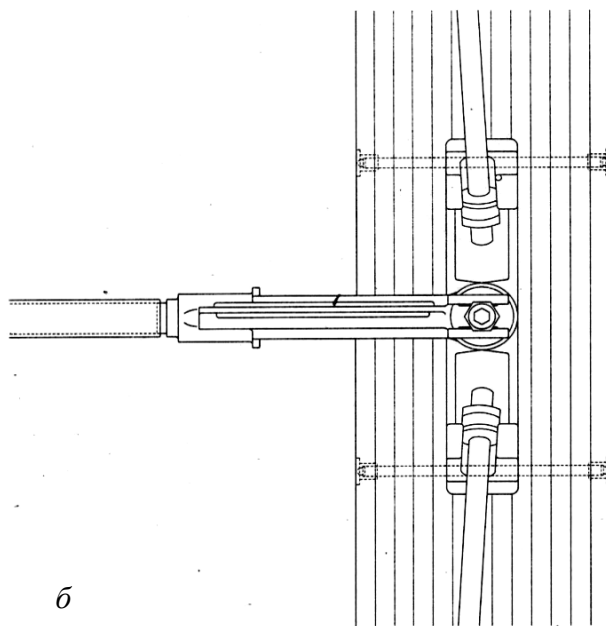
Рис. 6.3: *a* – аксонометрия связевых элементов: *A* – с горизонтальными и диагональными ветровыми связями; *Б* – с горизонтальными ветровыми связями; *б* – разрез комплекса; *в* – план комплекса



a



б



в

Рис. 6.4. Система связей конструкции фасада: *a* – фрагмент плана; *б* – узел фасада; *в* – узел плана; 1 – колонна из ламинированной древесины; 2 – деталь соединительная из литой стали; 3 – болт $\varnothing = 18\text{мм}$ с резьбой и специальной гайкой с двух концов; 4 – горизонтальный стержень ветровой связи; 5 – диагональный стержень ветровой связи; 6 – горизонтальная трубчатая стальная связь между деревянными колоннами



a



б



в



г



д

Рис. 6.5: *a* – вид с птичьего полета; *б, в, г, д* – этапы строительства: каркасы для всех скорлуп были предварительно изготовлены во Франции и собраны на строительной площадке

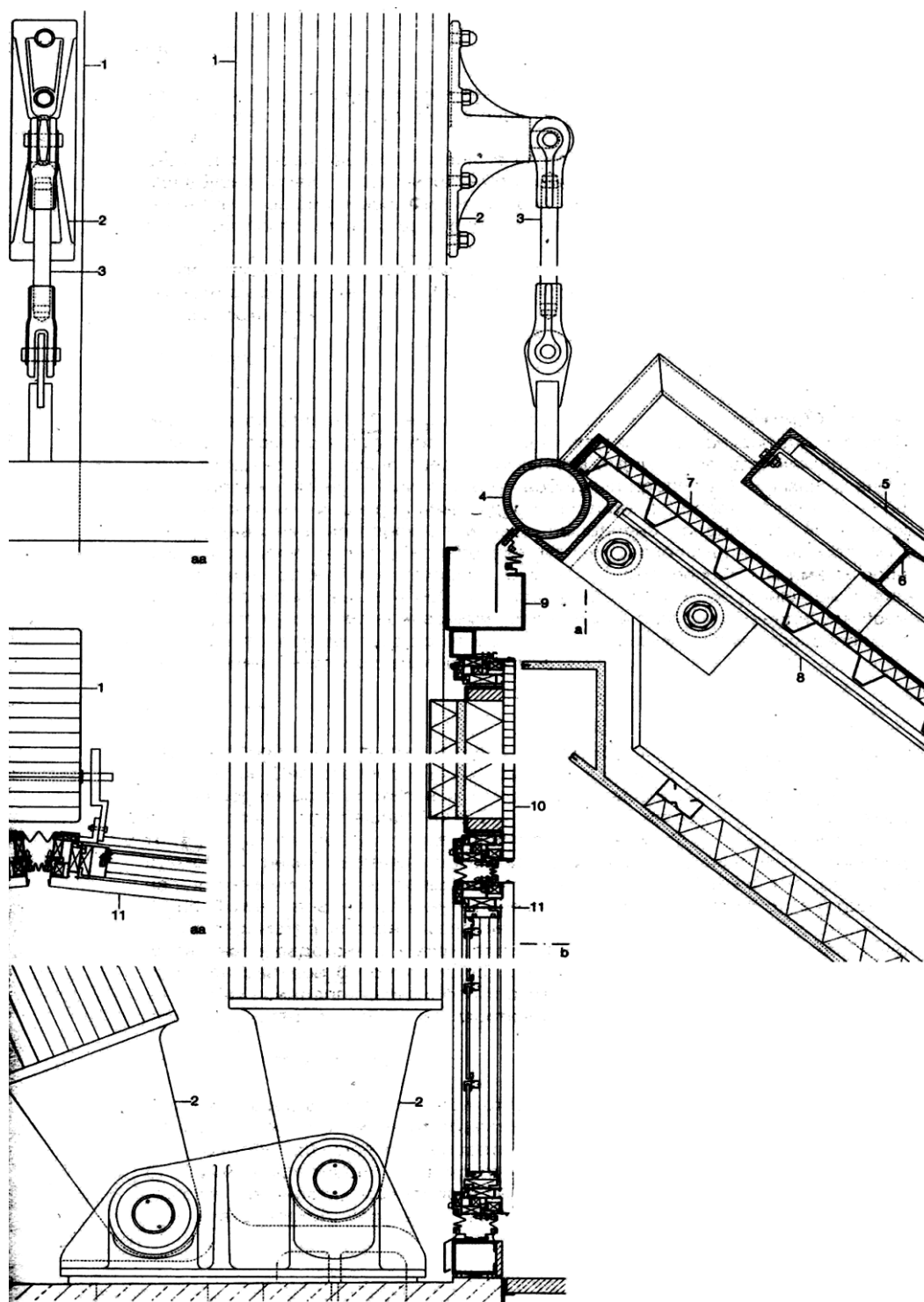


Рис. 6.6. Узел внутренней колонны с опорой крыши хижины и фасада: 1 – наружные колонны из ламинированной древесины 150\385 (455 и 525) мм; 2 – специально изготовленный стальной литой элемент; 3 – стержень, работающий на растяжение $\varnothing = 30$ мм; 4 – стальная труба $\varnothing = 163,3$ мм, $\delta = 12,5$ мм; стальной элемент для эллиптической крыши; 5 – профилированный алюминиевый настил; 6 – балка: стальной двутавр высотой 100 мм; 7 – гидроизоляционная мембрана и тепловая изоляция по трапециевидному профнастилу; 8 – балка: стальной двутавр высотой 360 мм; 9 – желоб дождевой воды; 10 – утеплённая панель: перфорированная плита *MDF* внутри, алюминиевый лист снаружи; 11 – панель с алюминиевым каркасом и подвижными стеклянными жалюзи

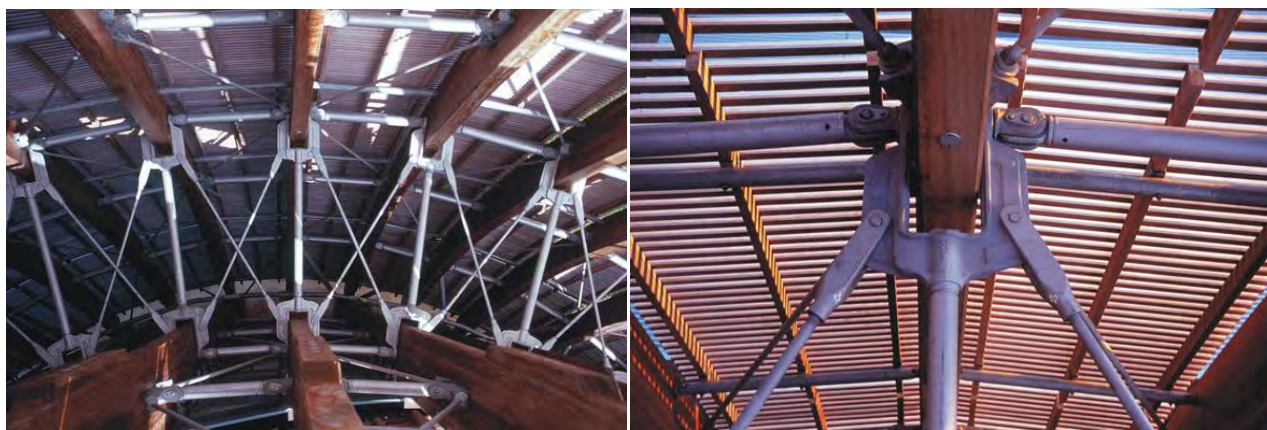


Рис. 6.7. Имеющие естественную вентиляцию, конусообразные строения повернуты своими мощными криволинейными «спинами» к океану откуда дуют господствующие ветры, способны противостоять скорости, превышающей ужасающую величину – 240 км/ч. Стальные ветровые связи составляют единое целое с деревянными элементами, которые объединяются и стягиваются стержнями и растяжками: сплав стали и дерева подчеркнут геометрической чистотой дизайна

7. ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР SELFRIDGE'S DEPARTMENT STORE В БИРМИНГЕМЕ

Архитектор *Ян Каплицки* (Jan Kaplicky), Future Systems, 2003 г. *Требовалось здание уникальной формы, которое издали привлекало бы к себе внимание и было узнаваемым без какой-либо рекламы. Разработана криволинейно изгибающаяся структура, покрывающая здание вместе с его техническим обслуживанием в верхнем уровне. Центр действительно напоминает огромное чудовище со дна морского (или стиль «блоб-архитектура», blob – «комоч глины»). Его «чешуя», ползущая по постоянно искривлённой поверхности, позаимствована у дизайнерской идеи кутюрье Пака Рабана, представившего миру платья – кольчуги, выполнена из 15 000 сверкающих дисков. «Селфриджес» аккумулирует в себе архитектурную сногшибательность и шик высокой моды. Снаружи ничто не указывает на то, что под футуристической оболочкой скрывается торговый дом – нет светящихся щитов, эмблем и витрин. Цельность фасада разрывают лишь большие безрамные, криволинейного очертания оконные проёмы. Пластичная форма подчеркивается печатным растром, стекла имеют особую окраску. Дневное освещение проникает в здание через верхний свет и создает открытость внутреннего пространства. На крыше запроектирован зимний сад. Все стекла исключительно прозрачны и имеют зеркальную поверхность. Старый торговый центр был соединён с новым при помощи моста и проёма в стене. Нижняя зона ограждений защищена несколько выступающей стенкой с желобом в верхней части для сбора дождевой воды и защиты низких дисков от вандализма.*

Торговые площади дизайна разных архитекторов – различны. *Общим для всего здания остаются балюстрады и эскапаторы, эти скульптурно оформленные элементы интерьера покрыты гладким пластиком, упрочненным и армированным стекловолокном (рис. 7.1, 7.2).*

Главные функции стальных несущих конструкций – сформировать сложную форму фасада и создать просторные, с укрупнённой сеткой колонн («безколонные» пространства) торговые площади с максимально допустимой высотой. Поэтому колонны расположены друг от друга настолько далеко, насколько это возможно, т. е. вокруг атриумов и вдоль периметра здания. Опоры были подобраны таким образом, чтобы достичь оптимального баланса внешнего вида и несущей способности, а также увеличить удельный вес использования типовых элементов.

Конструктивная система центра похожа на другие каркасы многоэтажных зданий. Однако *два специфических критерия проектирования отличают его от большинства каркасов, которые и привели к необычному и амбициозному проекту. Во-первых, изогнутая форма здания и фасадная система, которая бы свободно опиралась на перекрытия, формировалась методом набрызга бетона. Во-вторых, диски перекрытий должны быть с минимальными конструктивными высотами. Для достижения этих целей проектировщики взяли курс на преимущества CAD/CAM технологий и массовые, экономичные элементы кон-*

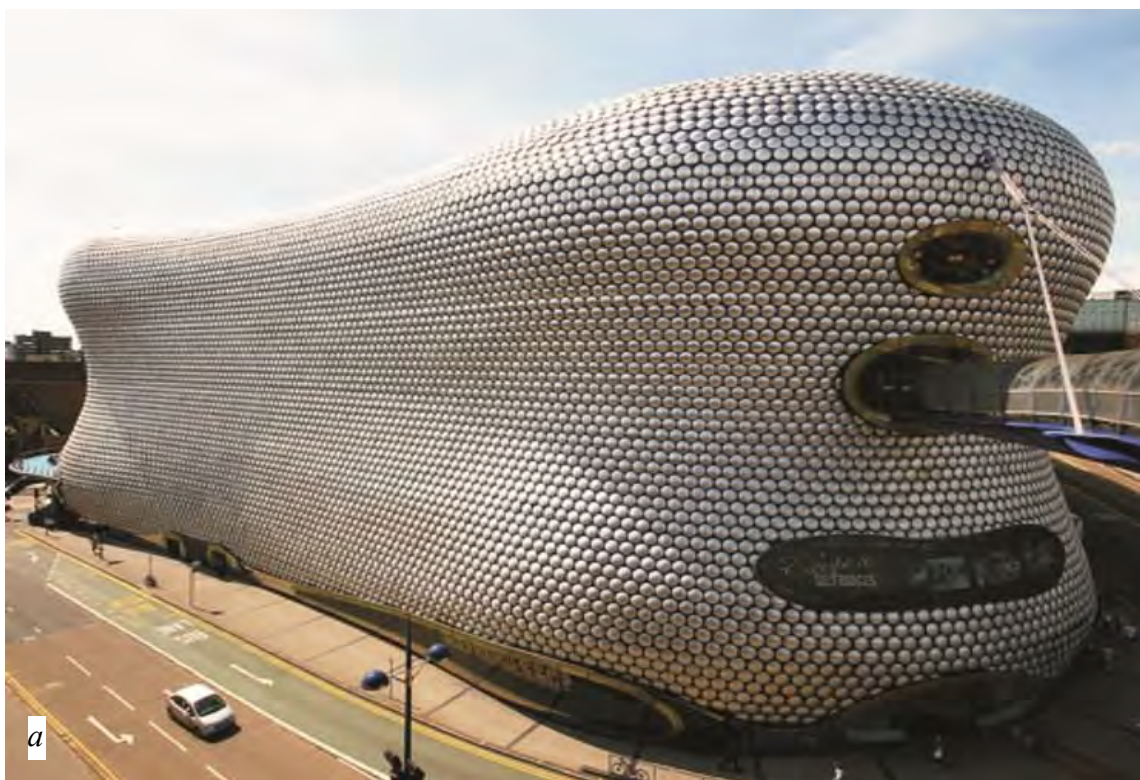
струкций заводского изготовления, которые будут эффективны в иррегулярной сетке колонн. Определение приемлемого расположения колонн было стартовой точкой при проектировании каркаса. Найденный подход – расположить ряд колонн по периметру здания пролетом приблизительно 12 м. Для редких экстра групп колонн потребовались ограничения пролётов главных и второстепенных стальных балок перекрытий до 12 м и 16 м соответственно. После решения максимальных пролётов, как экономически выгодных, дополнительные колонны были индивидуально установлены, чтобы соответствовать как конструктивным так и архитектурным требованиям. Консольные выносы перекрытия, контролирующие изгибы фасада здания, достигают 4,5 м, что и определило подход к выбору стального решения каркаса на основе главных и второстепенных стальных двутавровых балок стале-железобетонных перекрытий, работающих совместно с железобетонным настилом, уложенным на листы профнастила – как несъёмную опалубку.

Найден подход к стратегии конструирования каркаса такого типа зданий. Преимущество рационального определения величины размеров стальных конструкций в сложном иррегулярном каркасе многоэтажного здания послужило обеспечению разумности баланса между требованиями объёмно-планировочной гибкости и конструктивного решения.

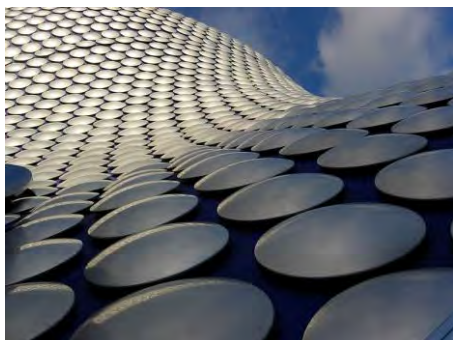
Одним из самых сложных испытаний в осуществлении этого проекта было создать криволинейный фасад, имея ограниченный бюджет. Различные по своей геометрии изгибы и большая высота этажа исключили привычные поэлементные модульные принципы возведения наружного ограждения, потребовались исследования гомогенных конструктивных решений. Выбор пал на распыляемый бетон, который используется при строительстве тоннелей, и металлическую сетку, которая служит как несъёмная опалубка. Сетка достаточно гибкая для требуемой формы и прочная, чтобы служить основой для бетона.

Весь фасад по периметру был разделен на полосные зоны по высоте этажа, которые, в свою очередь, делились на рабочие секции по 6 м высотой и 10 м длиной. Координаты для фиксации опалубки были отмечены вдоль внешнего края перекрытия. Сборные элементы арматуры с приваренными на месте гнездами для крепления алюминиевых дисков были установлены в этих точках. На время распыления бетона и его выравнивания шпателями, гнезда укрыли пластиковыми шляпными пробками и водозащитной пленкой. Наружный слой штукатурки толщиной 10 мм был покрыт краской глубокого синего цвета для контраста с металлическими дисками. Диски устанавливались горизонтальными рядами, несколько различные расстояния между ними компенсируют изгибы поверхности. Позиция каждого десятого диска тщательно проверялась, остальные выравнивались по ним. Для крепления каждого диска была установлена «тарелка», которую уплотняли пеной против проникновения влаги (рис. 7.3–7.5).





a



б



в



г



д

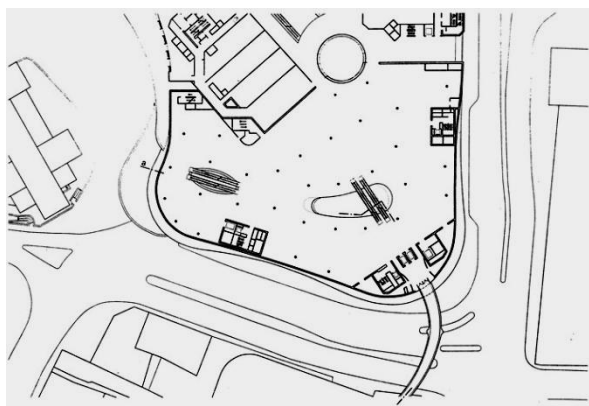


е

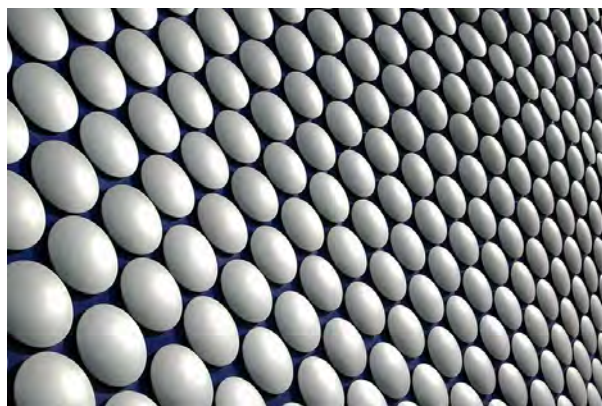


ж

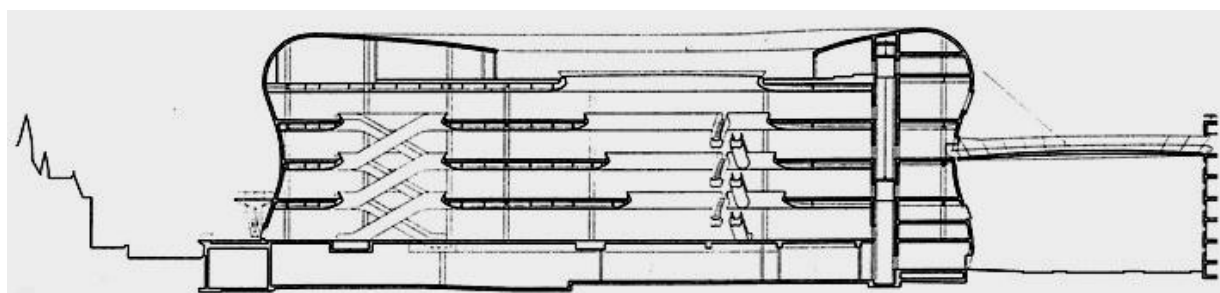
Рис. 7.1: *a* – общий вид торгового центра «Селфриджес»; *б* – «чешуя»; *в* – вид с высоты птичьего полёта; *г, д, е* – виды с разных ракурсов; *ж* – эскалаторы как главный функциональный элемент интерьера



а



б



в



г



д

Рис. 7.2: *а* – фрагмент плана с иррегулярной сеткой колонн; *б* – алюминиевые с естественным анодированием диски на фоне глубокого синего цвета; *в* – разрез; *г* – несущий остов здания, междуэтажные перекрытия; *д* – фасад и крыша до заливки бетоном

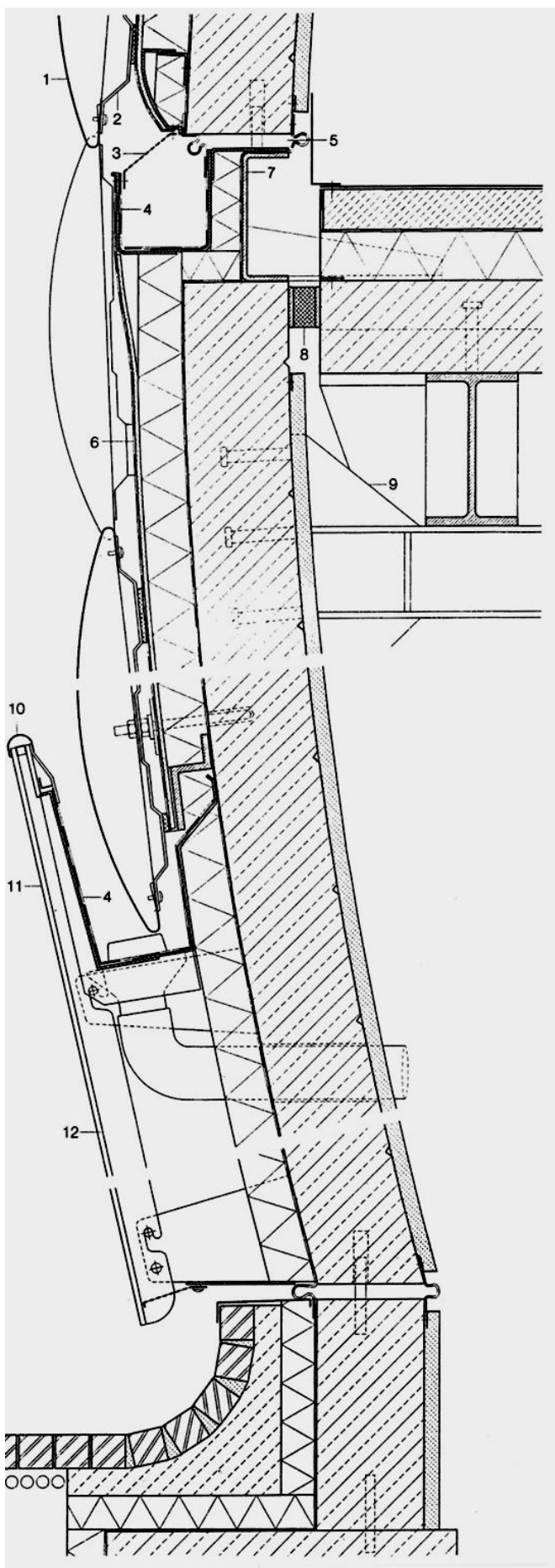


Рис. 7.3. Фрагмент разреза. Примыкание междуэтажного перекрытия. Нижняя зона фасада:

1 – куполообразный алюминиевый диск, отполированный и естественно анодированный $\varnothing = 660$ мм;

2 – анодированная алюминиевая тарелка с креплением по центру;

3 – алюминиевая сетка для защиты от насекомых;

4 – алюминиевый желоб водоотвода с приваренной мембраной;

5 – деформационный шов;

6 – конструкция стены:

- пластиковое изоляционное покрытие;

- штукатурка 10 мм;

- минераловолокнистый утеплитель 75 мм;

- окрасочное изоляционное покрытие;

- бетонный элемент, выполненный методом набрызга 175 мм;

- внутренняя штукатурка 20–30 мм;

7 – балка: стальной швеллер с анкерными болтами для крепления бетонного элемента сверху;

8 – противопожарная преграда;

9 – консоль для подвешивания бетонного элемента, выполненный методом набрызга;

10 – профиль из нержавеющей стали;

11 – панель из нержавеющей стали толщиной 3 мм, отполированная до зеркального блеска;

12 – алюминиевая полоса крепления

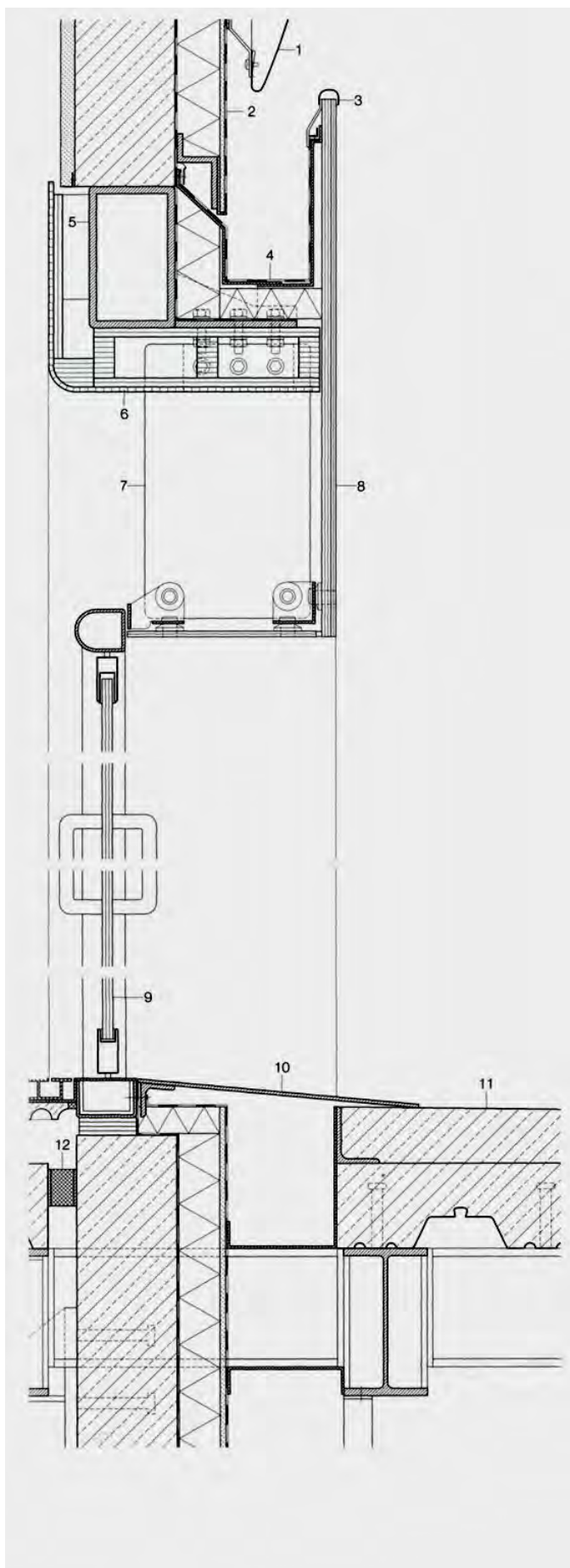


Рис. 7.4. Фрагмент разреза по входной группе:

1 – куполообразный алюминиевый диск, отполированный и естественно анодированный $\varnothing = 660$ мм;

2 – конструкция стены:

- пластиковое изоляционное покрытие,
- штукатурка 10 мм,
- минераловолокнистый утеплитель 75 мм,
- окрасочное изоляционное покрытие,
- бетонный элемент, выполненный методом набрызга 175 мм,

• внутренняя штукатурка 20–30 мм;

3 – профиль из нержавеющей стали;

4 – алюминиевый желоб водоотвода с приваренной мембраной;

5 – Стальная балка коробчатого сечения 150×250 мм, *RNS*;

6 – алюминиевый откос;

7 – ребро из закалённого стекла $\delta = 16$ мм;

8 – ламинированное небьющееся (безопасное) стекло 9 + 15 мм;

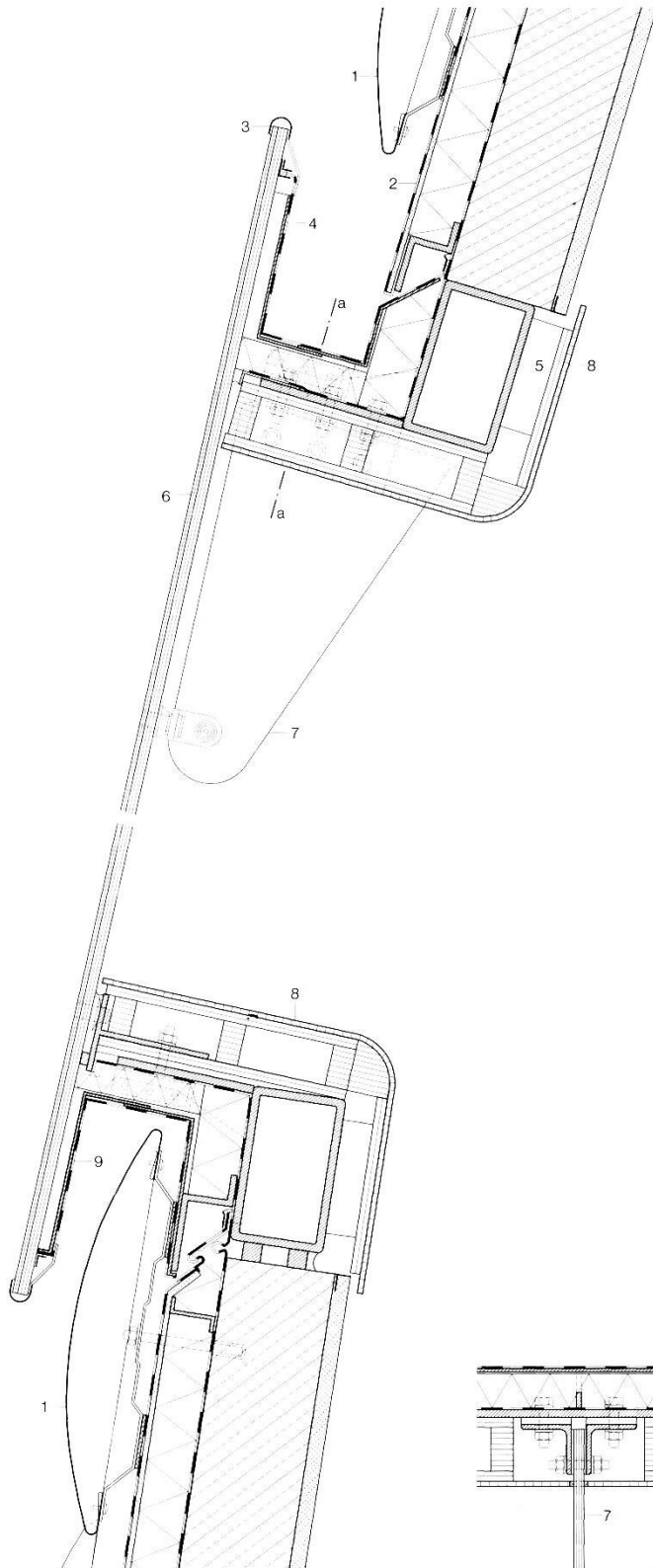
9 – Входная дверь из закалённого стекла $\delta = 19$ мм

10 – алюминиевый трап;

11 – монолитный бетон со светло голубым покрытием верхнего слоя, уложенный по профилированному настилу;

12 – противопожарная преграда

Рис. 7.5. Фрагмент разреза по оконному проёму



1 – куполообразный алюминиевый диск, отполированный и естественно анодированный $\varnothing=660$ мм;

2 – конструкция стены:

- пластиковое изоляционное покрытие;
- штукатурка 10 мм;
- минераловолокнистый утеплитель 75 мм;

- окрасочное изоляционное покрытие;
- бетонный элемент, выполненный методом набрызга 175 мм;

• внутренняя штукатурка 20–30 мм;

3 – профиль из нержавеющей стали;

4 – алюминиевый желоб водоотвода с приваренной мембраной;

5 – стальная балка коробчатого сечения 150×250 мм, *RNS*;

6 – ламинированное небьющееся (безопасное) стекло $9 + 15$ мм

7 – ребро из закалённого стекла $\delta = 16$ мм;

8 – оконный откос из *MDF*;

9 – листовой алюминий с приваренной к нему мембраной для водоотвода

8. ШКОЛА В ЛЕЙЧЕНБАХЕ В ЦЮРИХЕ

Архитектор: *Кристиан Керез, Цюрих*, (Christian Kerez, Zurich); конструкции: *Dr. Schwartz Consulting AG*. Работу окончили в 2009 году.

Школа находится на севере Цюриха. *Целью проекта было создание совершенно нового типа пространства для обучения. Кристиан Керез разработал план без коридоров. На трёх этажах расположены классы по двум сторонам от центральной лестничной клетки, эти лестницы ведут на большие, просторные общественные площадки. Это здание собрало все функциональные зоны под одной крышей: учебные классы, общественные комнаты, кафетерий, музыкальный класс и даже гимнастический зал. Подчеркивая архитектурный замысел, спортивный зал был спроектирован на верхнем ярусе, вместо привычного наземного размещения на первых этажах.*

Приблизительно 400 учеников могут разместиться в этом стеклянном кубе площадью 9840 м². *Учебные кабинеты, актовый зал и спортзал были размещены друг над другом, чтобы минимизировать площадь возводимого объекта в пользу большого школьного парка. Все здание имеет горизонтальное, сплошное, периметральное остекление – пластины из стеклопакетов, которые «спрятаны» в пол и потолок. Взамен массивных стен используется профильное звуконепропускаемое стекло, отделяющее классы от центральной зоны. Дневной свет глубоко проникает вовнутрь здания, и через стекло отображается движение учеников. Освещенные со всех сторон классы с высотой 3,60 м делают занятия и атмосферу общения более комфортной, чем в стандартных классах. Таков был замысел автора о светлом и просторном интерьере без опор. Внутренние стены и перила лестницы сделаны из литого профильного стекла, которое передает достаточное количество дневного света на внутренние центральные области. Интерьер сохранил оригинальные цвета и фактуры естественных материалов. Фасад, состоящий из стальных элементов, должен отвечать требованиям по огнестойкости R30 и R60. Для огнеупорной системы фасада был выбран Sika® Pyroplast, около 1100 т которого пошло на обработку несущих стальных конструкций, полностью покрывающую пять этажей. На готовой крыше по геометрии верхнего покрытия были установлены солнечные фотоэлектрические преобразователи.*

Возведённые в два ряда системы ферм, чётко читаемые на фасадах, образованные раскосами и поясами, выполняют различные функции: трехэтажная, менее массивная система ферм несёт этажи с учебными кабинетами, в то время как верхняя, более тяжёлая, несет нагрузку от спортивного зала высотой в семь метров. *Несмотря на внушающий размер, здание кажется парящим в воздухе, так как опоры первого этажа отнесены от фасада вглубь здания. Просматриваемая на фасадах сложная конструкция, состоит из расположенных друг над другом объёмных систем ферм. Внутренние фермы четвертого этажа перераспределяют нагрузку от систем ферм спортзала в полосе учебных кабинетов к стальным треногам на первом этаже. Периметральные системы ферм при этом перевязаны с внутренними фермами. В сочетании с консольными же-*

лестобетонными дисками перекрытий, которые работают совместно со стальной структурой, эта разновидность конструкции позволила создать большие, свободные от колонн, помещения, визуальная целостность которых поддержана прозрачными стеклянными перегородками.

Несущие конструкции покрытия спортивного зала образованы стальными фермами с провисающим нижним поясом, скрытых на фасадах. Видимая структура треугольной решётки стала отличительным архитектурным акцентом, который дал школе индивидуальный характер и запоминающийся образ. Несомненно, это *Archi-Neering* (Архи-неринг) в его самых ярких и лучших профессиональных проявлениях. Устойчивость здания обеспечивается совместно стальным каркасом и монолитными железобетонными перекрытиями, которое имеет только шесть опорных точек. Данная конструкция устойчива к землетрясениям (рис. 8.1–8.3).

Сложная конструктивная система здания основана на объединённом, объёмном, решетчатом и консольном каркасе из сварных прямоугольных (квадратных) трубчатых сечений и жёстких железобетонных дисков перекрытий с четко выделенными тремя ярусами, два из которых выходят за пределы периметра светопрозрачного ограждения и определяют в основном запоминающийся образ сооружения. Нижний ярус, воспринимающий нагрузку от вышележащих ярусов и передающий её на 3 пары объёмных опор – «треног», расположенных по осям внутренних ферм, формируется продольными внутренними и периметральными раскосными фермами высотой в три этажа и междуэтажными перекрытиями волнообразного сечения нижней поверхности. Средний – переходный и перераспределяющий – ярус формируется двумя парами внутренних поперечных и продольных ферм высотой на этаж (без периметральных ферм), и создается контрастная архитектура 4 этажа (5 наземного) из горизонтальной полосы сплошного ленточного остекления. Фермы опираются на верхний пояс каркаса нижнего яруса в верхних точках пересечения раскосов и воспринимают нагрузку от верхнего 3 яруса, сформированного чисто периметральными фермами высотой на этаж спортивного зала, на нижний пояс которых опирается диск перекрытия, а на верхний – фермы покрытия с провисающим нижним поясом. Диски перекрытий с консольными участками в пределах 2 м по всему периметру здания, выполнены практически без мостиков холода. Усиливают динамику объёма и дополняют композиционную экспрессию подвешенные на них открытые лестничные марши с площадками. Решение остекления, «спрятанного» в декоративный бетон с видимым заполнителем перекрытия полностью раскрывает замысел автора о светлом и просторном интерьере без опор (Рис. 8.4–8.7).

Специфика почвы и несущая способность определили выбор свайного фундамента. В фундаменте был применен повторно используемый бетон как заполнитель: обеспечивает защиту от подземных вод (более 50 % гранул).





a



б

Рис. 8.1: *a* – общий вид школы в Лейценбахе (Leutschenbach);
б – панорамный вид спортзала

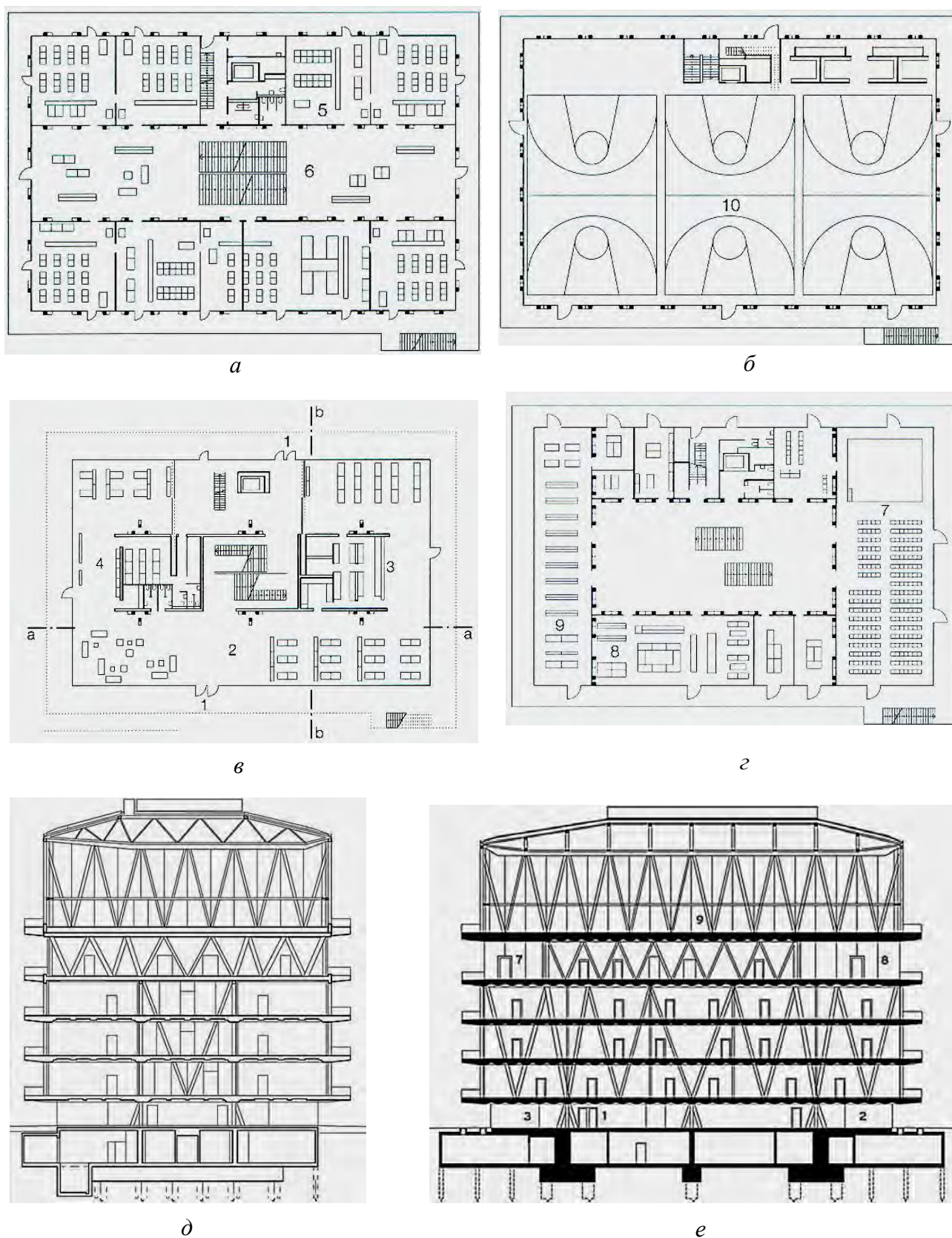
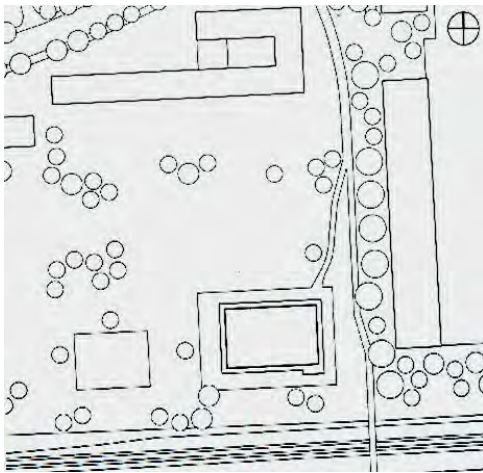


Рис. 8.2: *а* – план 2 этажа; *б* – план 5 этажа; *в* – цокольный этаж; *г* – план 4 этажа; *д, е* – поперечный и продольный разрезы; 1 – вход; 2 – кафетерий; 3 – кухня; 4 – рабочая зона; 5 – учебные классы; 6 – зона отдыха; 7 – актовый зал; 8 – учительская; 9 – библиотека; 10 – спортивный зал



a



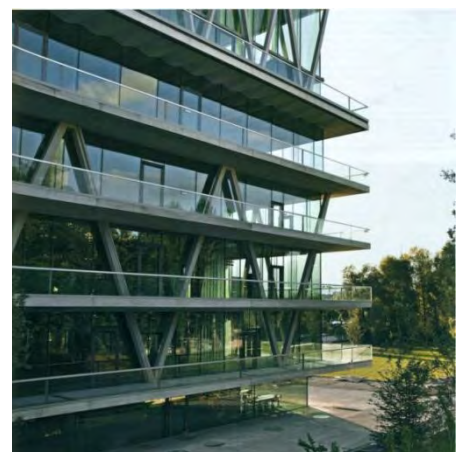
б



в



г



д

Рис. 8.3: *a* – генплан с зеленью школьного парка; *б* – макет здания; *в* – вид по продольной стене спортзала; *г* – этап возведения двух стальных ярусов и монолитных дисков перекрытий; *д* – видимая структура треугольной решетки на продольном фасаде

Рис. 8.4: Поперечный разрез по фасаду:

1 – конструкция покрытия:

- двухслойное гидроизоляционное кровельное покрытие;
- минераловатный утеплитель по скату покрытия, $\delta = 50\text{--}240\text{ мм}$;
- пароизоляция поверх листовой $\delta = 1\text{ мм}$ стали;
- утепленный трапециевидный металлический профилированный настил с высотой профиля 153 мм;
- стальная труба квадратного сечения вдоль карниза с 60 мм утеплением жестким пенополистирольным пенопластом, $140\times 140\times 6,3\text{ мм}$ (SNS);

2 – стальная труба прямоугольного сечения $100\times 200\times 6,3\text{ мм}$ (RNS);

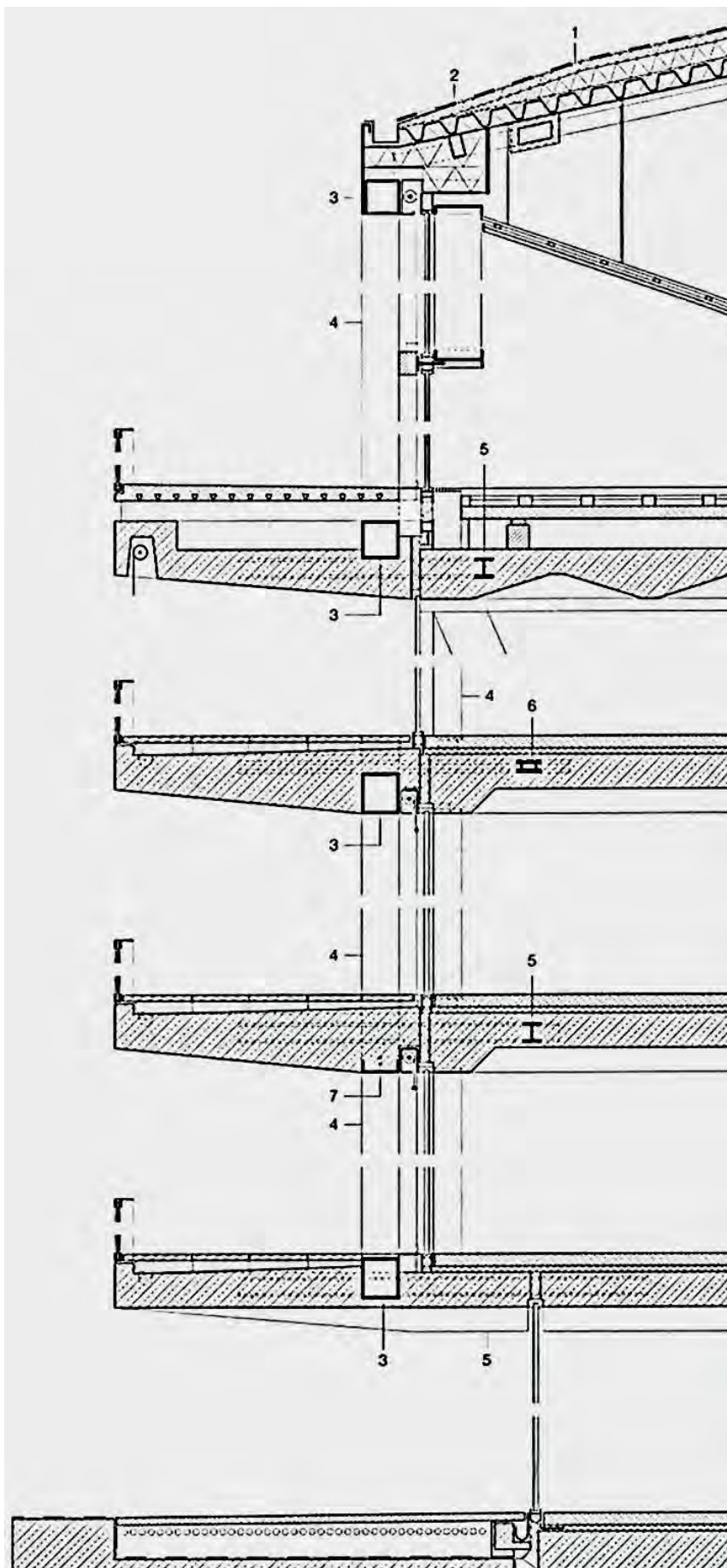
3 – стальная труба квадратного сечения (верхний и нижний перевязочный пояс), толщина в зависимости от расположения и нагрузки, $300\times 300\text{ мм}$ (SNS);

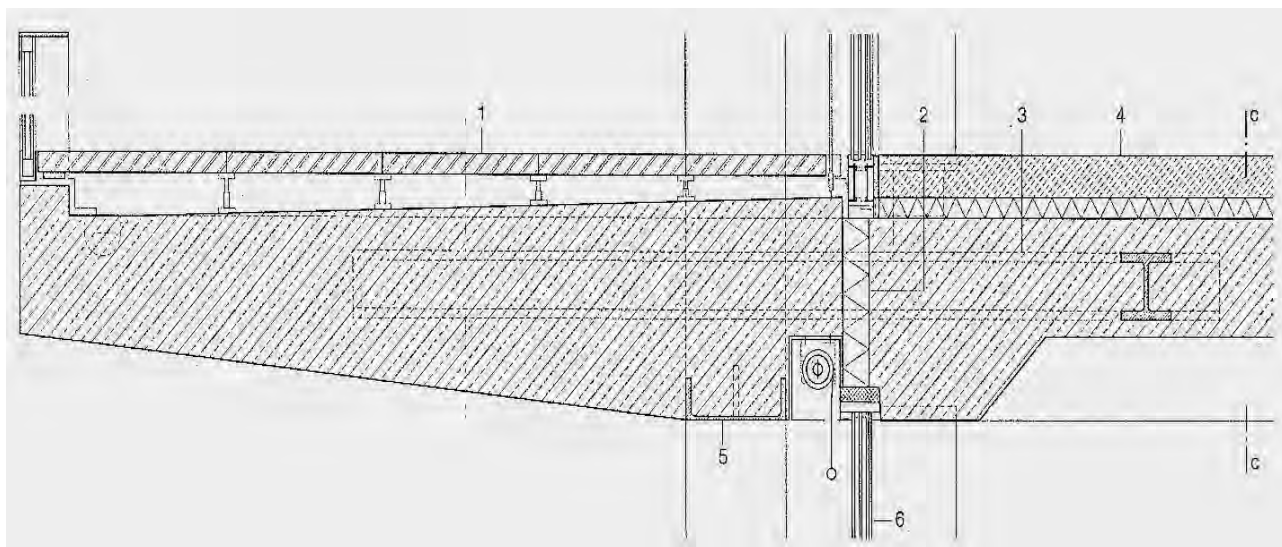
4 – диагональные раскосы: стальные полые профили, размеры зависят от расположения и нагрузки;

5 – стальной двутавр, 160 мм;

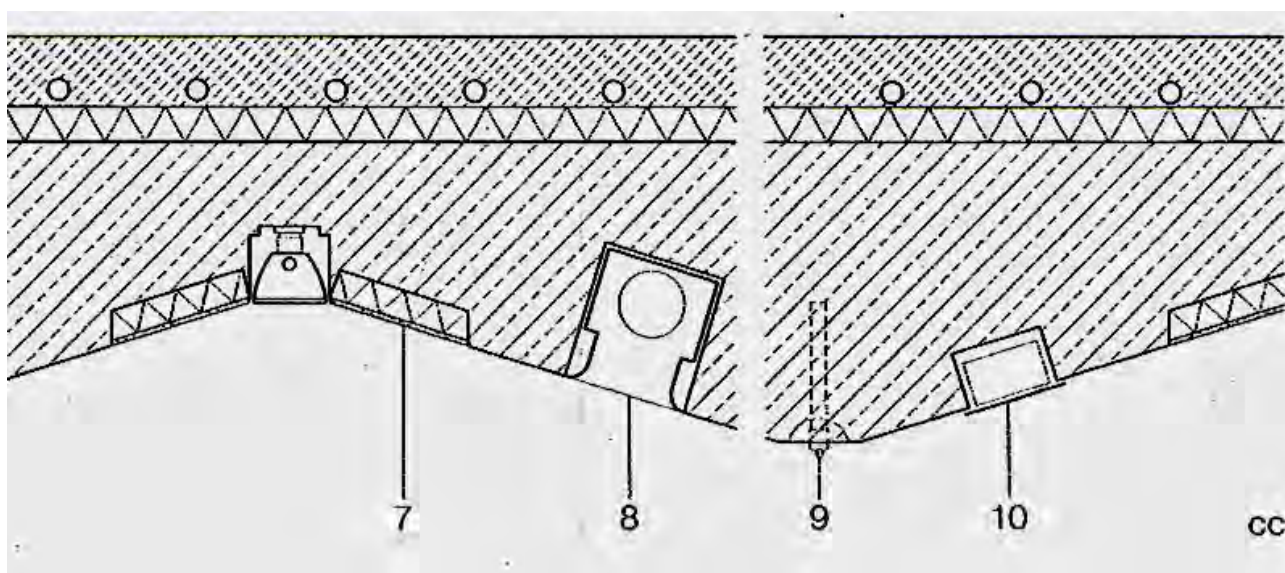
6 – сварной стальной прогон, 100 мм;

7 – стальной швеллер, 300 мм





a



б

Рис. 8.5: *a* – фрагмент поперечного разреза перекрытия; *б* – фрагмент продольного разреза перекрытия; 1 – декоративные плиты мощения, $\delta = 30\text{--}50$ мм, приподнятые на опорах, загерметизированные; железобетонная плита с уклоном, $\delta = 220\text{--}430$ мм; 2 – минераловатный утеплитель, $\delta = 80$ мм; 3 – стальной двутавр 160 мм; 4 – выравнивающее шлифованное по маякам покрытие, $\delta = 100$ мм; ударная звукоизоляция, $\delta = 50$ мм; железобетонное перекрытие, $\delta = 280\text{--}480$ мм; 5 – стальной швеллер 300 мм с болтами соединения; 6 – двухкамерный стеклопакет (тройное остекление); 7 – звукоизоляционный слой поверх 48 мм минеральной подложки; 8 – вентиляционный канал; 9 – спринклер; 10 – громкоговоритель



a



б



в



г



д



е

Рис. 8.6: *a, б* – лестницы в интерьере здания: взамен массивных стен используется профильное звуконепроницаемое стекло, отделяющее классы от центральной зоны, дневной свет; *в* – учебная аудитория; *г* – вид на торцевую стену спортзала; *д* – вид здания школы при ночном освещении; *е* – «игра света» в спортзале в солнечный день



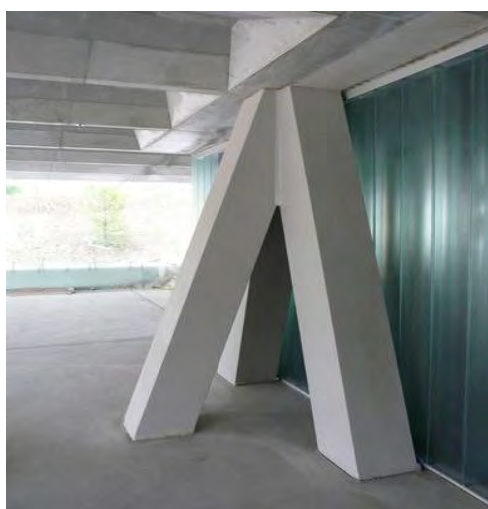
a



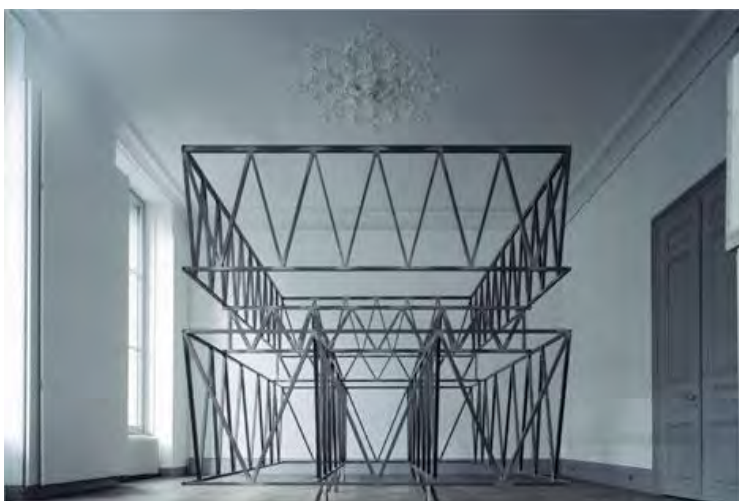
б



в



г



д



е

Рис. 8.7: *a* – этап возведения двух ярусов каркаса из сварных прямоугольных труб; *б* – видимая структура треугольной решетки на торцевом фасаде; *в* – этап строительства трёх ярусов; *г* – «треноги» на первом уровне; *д* – модель стального каркаса; *е* – совместная работа стального каркаса и монолитных железобетонных перекрытий

9. ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГЛАВНОГО ВОКЗАЛА В ДРЕЗДЕНЕ

Архитектор: Норман Фостер (Norman Foster) (Великобритания), компания Foster + Partners.

Сроки реконструкции: 2001–2007 г. (тендер 1997 г.).

После Берлина и Лейпцига, Дрезденский вокзал – третий по величине в восточной Германии. Он был построен в 1898 г. по проекту Эрнста Гизе и Пауля Вайднера. К историческому зданию вестибюля присоединяется по продольной оси симметрии самый крупный средний арочный зал пролетом 60 м, как головной тупиковый вокзал (для поездов, которые отправляются из или прибывают в Дрезден) и 2 боковых арочных проездных зала пролетом 32 м с повышенными платформами (для литерных поездов).

Во время второй мировой войны Дрезденский вокзал пострадал при бомбежках. В послевоенное время крыша перрона была выполнена из деревянной обшивки, которая едва пропускала дневной свет.

В конце 60-х во время радикальной модернизации вокзал потерял свое своеобразие. С западной стороны образовался автовокзал, который почти совершенно нивелировал величие сводов арок из стали и стекла. Спустя некоторое время администрация обратила внимание на сохранность историчности города, встал вопрос о восстановлении и реконструкции Дрезденского вокзала, причем таким образом, чтобы достичь баланса между прогрессом и традициями.

Концепция же Нормана Фостера выразила то, что составляет наибольшую трудность при реконструкции: он смог перенести в будущее, лучшее из прошлого. Таким образом, общая концепция ремонта и реконструкции Дрезденского вокзала следовала принципам: уважение и укрепление значения исторически существующего старого фонда и внедрение современных элементов, показывающих актуальное развитие железной дороги.

Архитекторы удалили все пристроенные и перестроенные части здания, чтобы вновь сделать ощутимым облик первоначального проекта.

Железная несущая конструкция старого здания была восстановлена и усилена дополнительными стальными несущими элементами, не выходящими на первый план, так, чтобы наряду с новым мембранным покрытием проявилась тонкая детализовка исторической металлической конструкции. Историческая объемная сквозная несущая арочная конструкция из прокатных профилей была предусмотрена вначале только для восприятия вертикальных нагрузок на крышу. Здесь, тем не менее, вследствие воздействия асимметричных усилий на мембране, возникают значительные горизонтальные нагрузки, поэтому была введена вторичная стальная опорная конструкция – «адаптер», геометрически и конструктивно сочетающаяся с существующей. Несущая конструкция до реконструкции разделялась на участки из двух-трех дуг, которые были соединены горизонтальными ребрами и этим укреплены. Мембрана размером поля от 10×5 м до 10×14 м примыкает поверх дуг к стальным круглым трубам несущей конструкции. Попарно проведенные трубы воспринимают усилия от мем-

браны и передают их через стальные профили на верхние пояса старых объемных сквозных арочных ферм. На замковых узлах дуг промежутки между круглыми трубами расширяются до линзообразного проема, который остеклен и служит фонарем верхнего света.

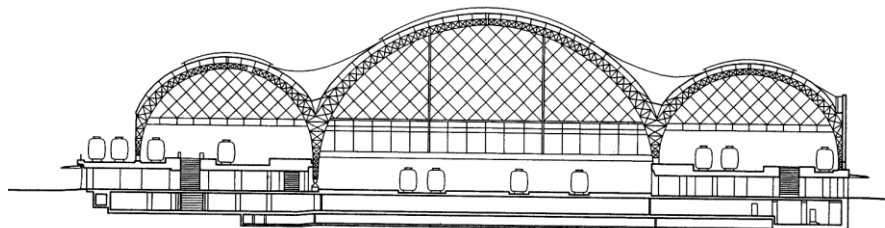
Сквозь новую просвечивающую мембранную крышу площадью 30 000 м² из политетрафторэтиленового стекловолоконистого полотна ПТФЭ (PTFE) дневное освещение устремляется в залы вокзала. Ночью искусственное освещение внутри отражается от мембраны, и одновременно снаружи крыша перрона освещается мерцающим светом. Впервые мембранная крыша такого большого размера была смонтирована без остановки деятельности вокзала (рис. 9.1–9.4).

Мембранная крыша между средним и боковыми залами и на каждой второй дуге притянута вниз, создавая конические формы. Вследствие этого, наряду с возможностью отвода воды, образовался статичный рациональный изгиб мембраны вдоль залов по длинным сторонам.

В дугах без водоотводов мембрана проведена вдоль свободно висящих «летающих тросов» от среднего зала к боковым залам. Отдельные несущие конструкции арок соединены верхними поясами с «аварийными тросами», чтобы существующая до реконструкции несущая конструкция при аварии поля мембраны не была перегружена. Так как были применены простые, экономичные клеммы мембраны без необходимости натяжения, требовался аккуратный раскрой мембраны и соответствующая последовательность монтажа. При этом должна была учитываться «компенсация» ненапряженной и растянутой, в конечном счете, пространственно изогнутой мембраны.

В ходе обновления и нового структурирования исторически принятого к восстановлению здания, его купол высотой 34 м привели в исправность. Купол Фостера формирует свою форму исходя из первоначального, старинного образа, тем не менее, не повторяя его (рис. 9.5 а, б, 9.6).

Начиная с 90-х г. XIX столетия солнечный свет в холл главного вокзала в Дрездене проникал через стеклянный купол. В послевоенное время поврежденный купол был отремонтирован простым и доступным в то время способом – покрыт шифером, под которым на долгие годы укрылся разрушенный стеклянный. Большая часть металлической конструкции была вновь использована, купол был восстановлен и приподнят над подвешенной подушкой диаметром 15 м из PTFE – полотна.



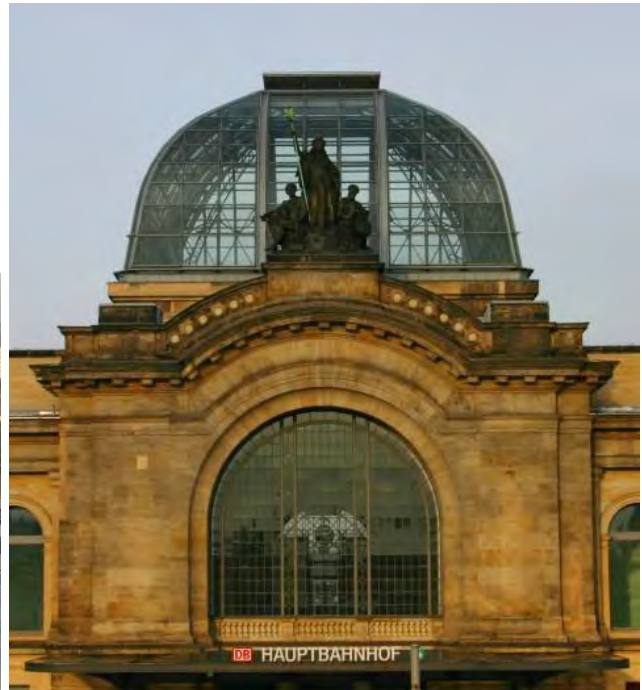


Рис. 9.1. История «до, во время и после» восстановления и реконструкции главного вокзала в Дрездене (Dresden's Central Station)

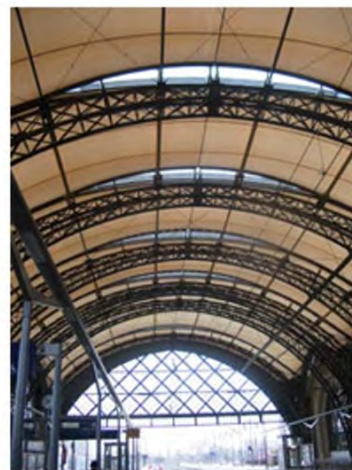
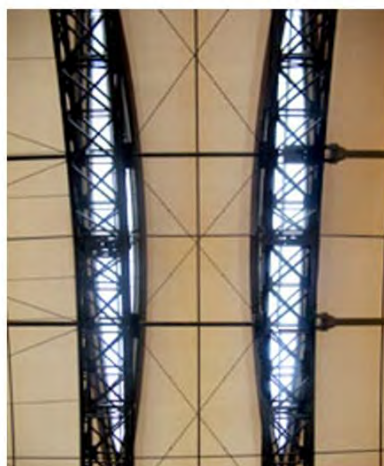
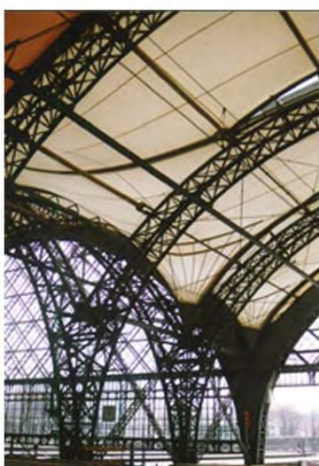
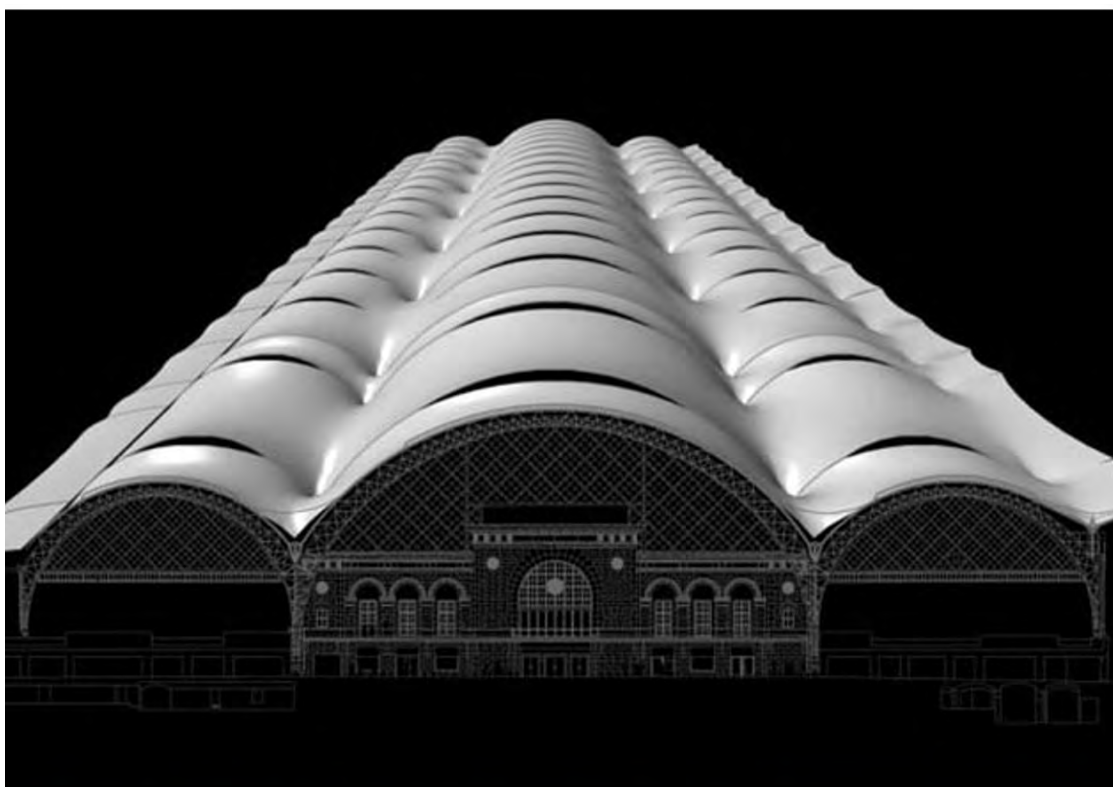


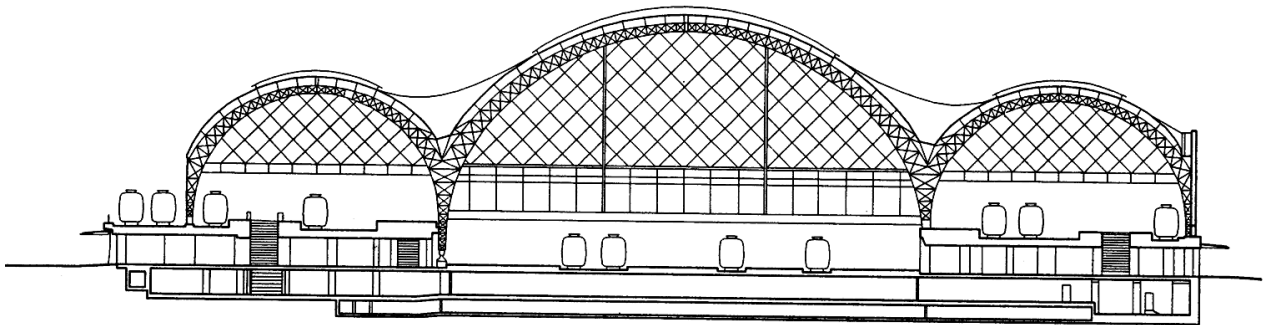
Рис. 9.2. Макетирование: формирование изгибов объемов. Большнепролетные пространства арочных сводов и купола вестибюля XIX века, залитые дневным светом



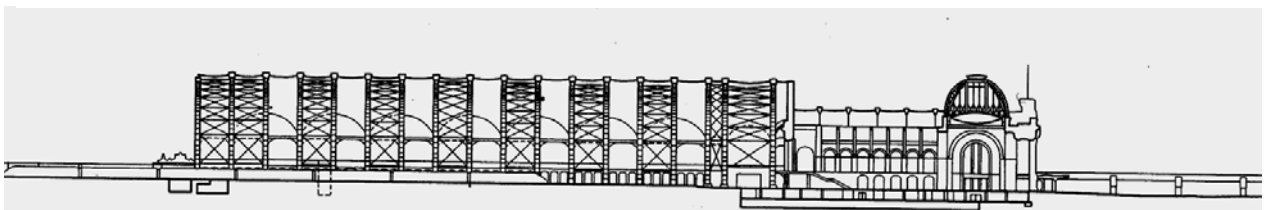
a



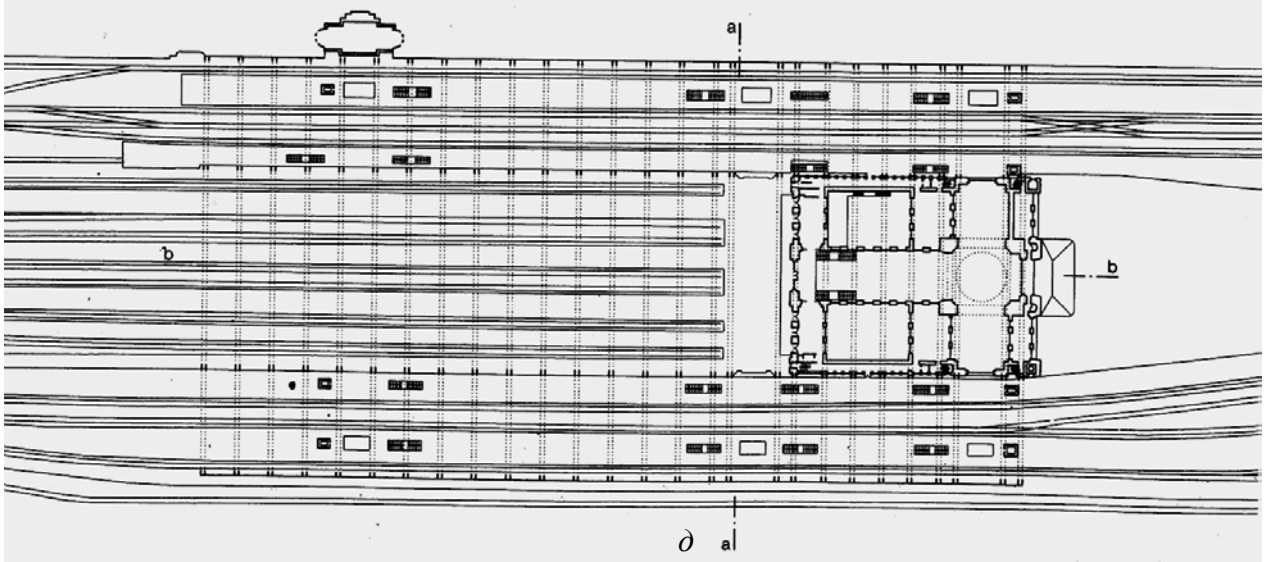
б



в



г



д

Рис. 9.3. *a* – генплан; *б* – вид с птичьего полёта; *в, г* – поперечный и продольный разрезы; *д* – план

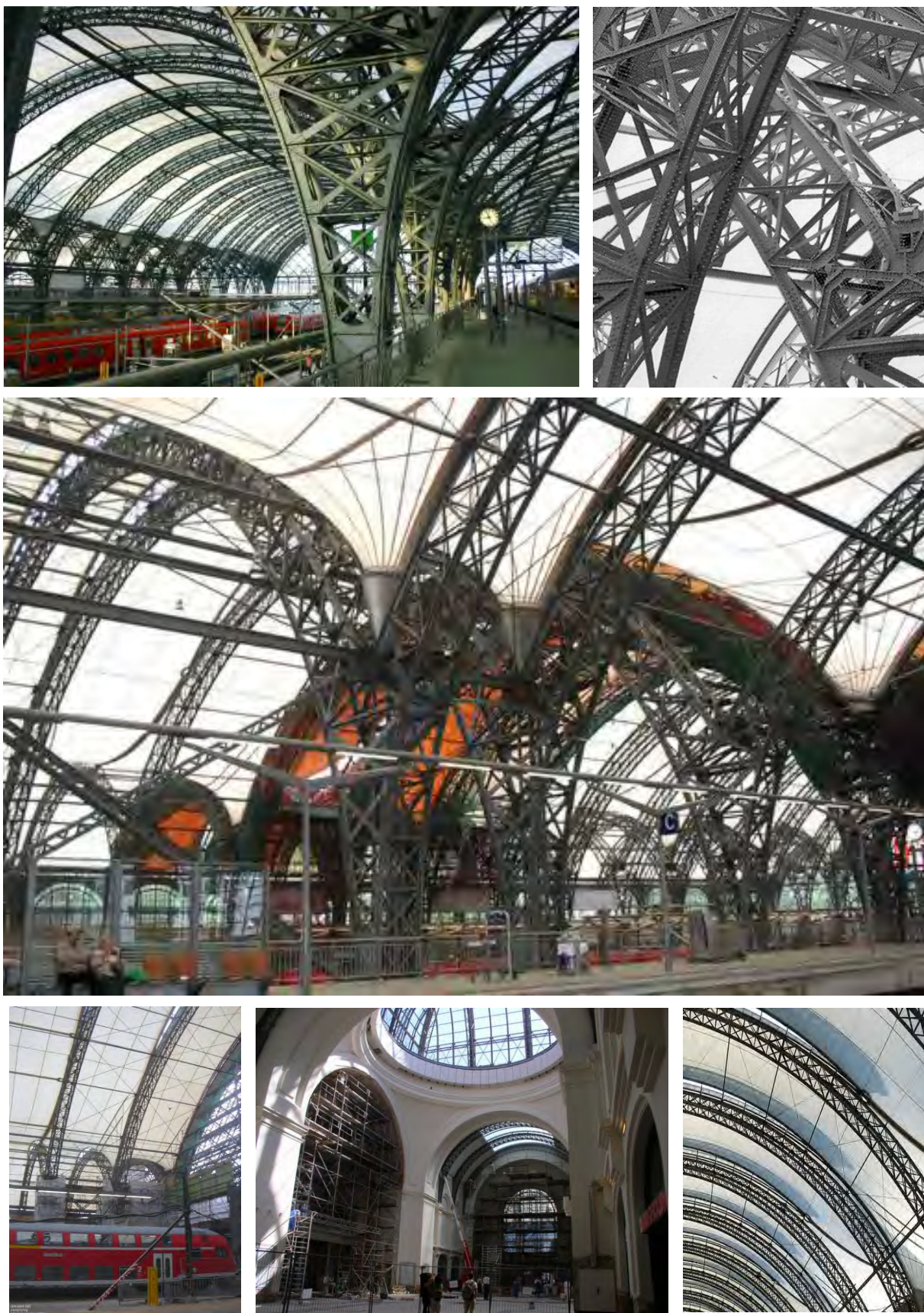


Рис. 9.4. Великолепие сводов из сквозных объемных арок и легкого светопрозрачного покрытия, парящего купола. Исторические железные арки были восстановлены и усилены надстроенными стальными несущими элементами

Светопрозрачная мембрана белого цвета из стекловолокна с *PTFE*-покрытием, толщиной 0,8 мм, которая при хороших светопропускающих качествах больше всего отвечает требованиям противопожарной безопасности, устойчивости к химическим веществам и выхлопным газам, имеет достаточный предел прочности.

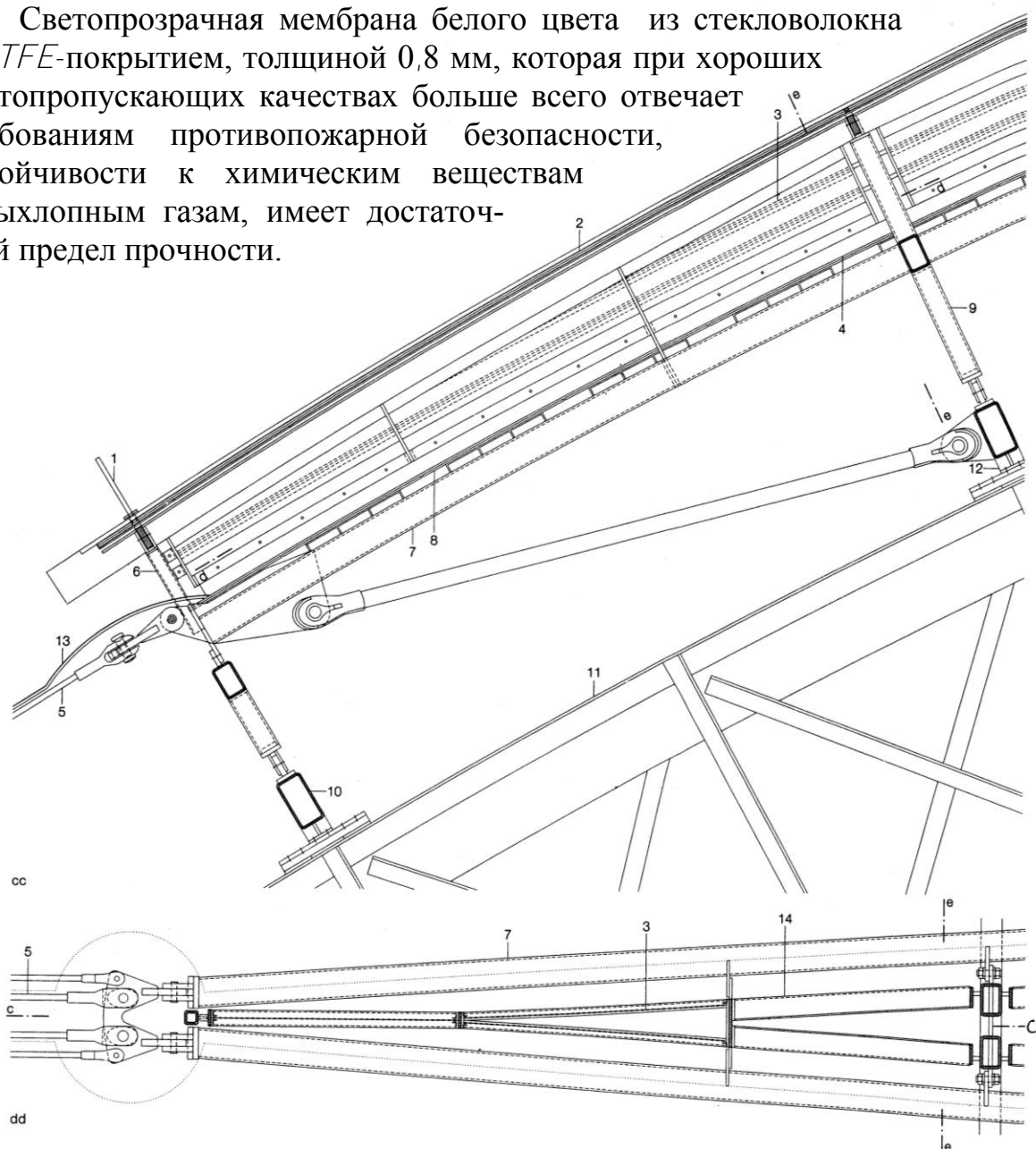
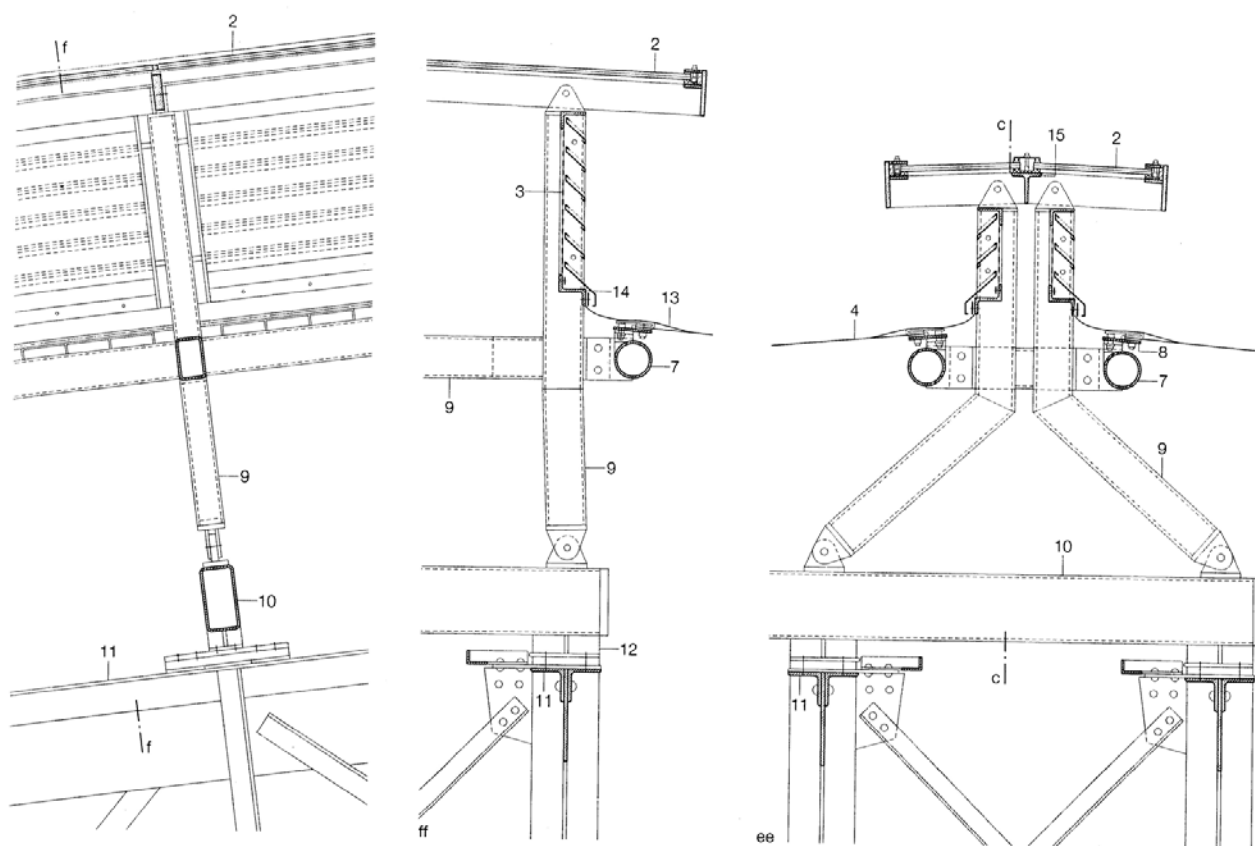


Рис. 9.5. а: Фрагмент разреза по нижней части покрытия по фонарю, сечение (без мембраны): 1 – молниеотвод – стальной профиль $\varnothing = 10$ мм, *CHS*; 2 – остекление фонаря – ламинированное безопасное стекло 16 мм; 3 – перфорированный лист алюминия с заклепанными горизонтальными жалюзи; 4 – светопропускающая мембрана из стекловолокна заводского изготовления с *PTFE*-покрытием, 0,8 мм (вес $1,2 \text{ кг/м}^2$, прочность ткани/уточной нити на растяжение $14\,000 / 10\,000 \text{ кг/м}$, светопропускающий коэффициент 12,5 %, коэффициент отражения 73 %); 5 – стальной спиралевидный трос, гальванически оцинкованный $\varnothing = 22$ мм; 6 – стальная труба квадратного сечения $50 / 50 / 4$ мм, *SHS*; 7 – стальная труба $\varnothing = 114,3 / 12,5$ мм, *CHS*; 8 – зажим крепления мембраны (*AlMgSi1 F28 RHS*) прямоугольного сечения $115 / 10$ мм; 9 – стальная труба прямоугольного сечения $120 / 80 / 12,5$ мм, *RHS*; 10 – прогон – стальная труба прямоугольного сечения $200 / 100$ мм, *RHS*; 11 – верхний пояс сквозных арок (существующий) – два железных уголка: $2 \times 100 / 12$ мм + железная пластина $\delta = 12$ мм; 12 – соединительное устройство (адаптер) прогона - приваренная стальная пластина $\delta = 10$ мм, компенсирующая допустимые отклонения; 13 – полотно мембраны промышленного изготовления; 14 – контурный нижний стальной профиль *Z*-сечения, 80 мм; 15 – стальной профиль таврового сечения 90 мм



a



Рис. 9.5.б: *a* – фрагмент разреза по верхней части покрытия и фонарю, сечения; *б* – вид арок в интерьере с расширяющимися линзообразными фонарными проемами

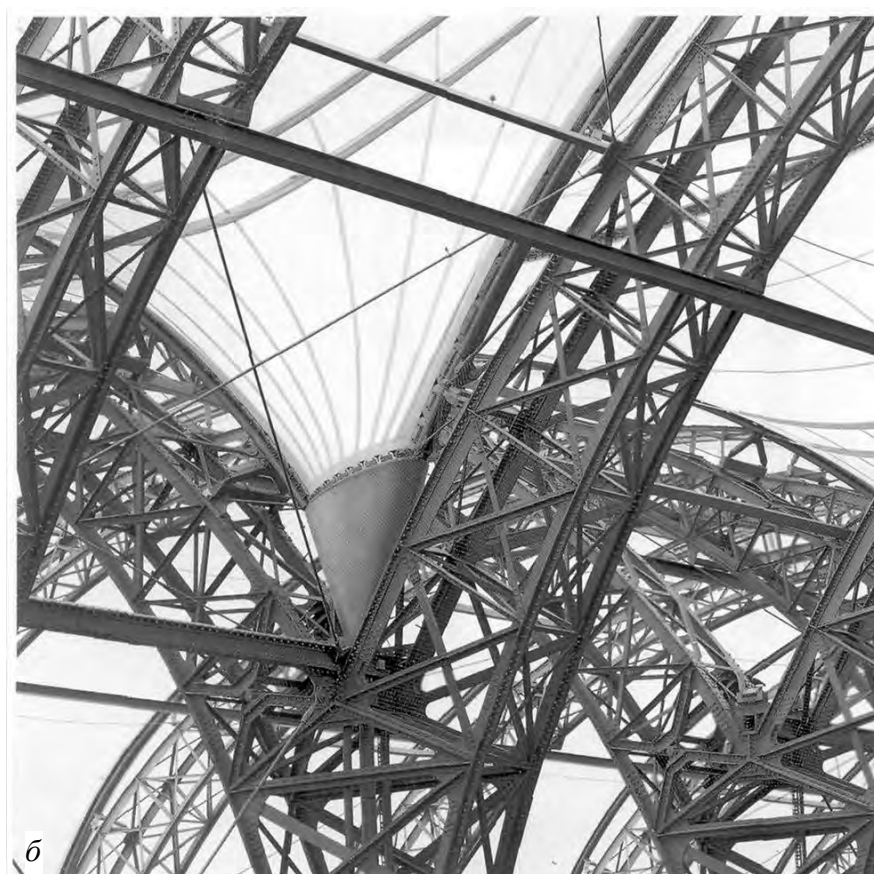
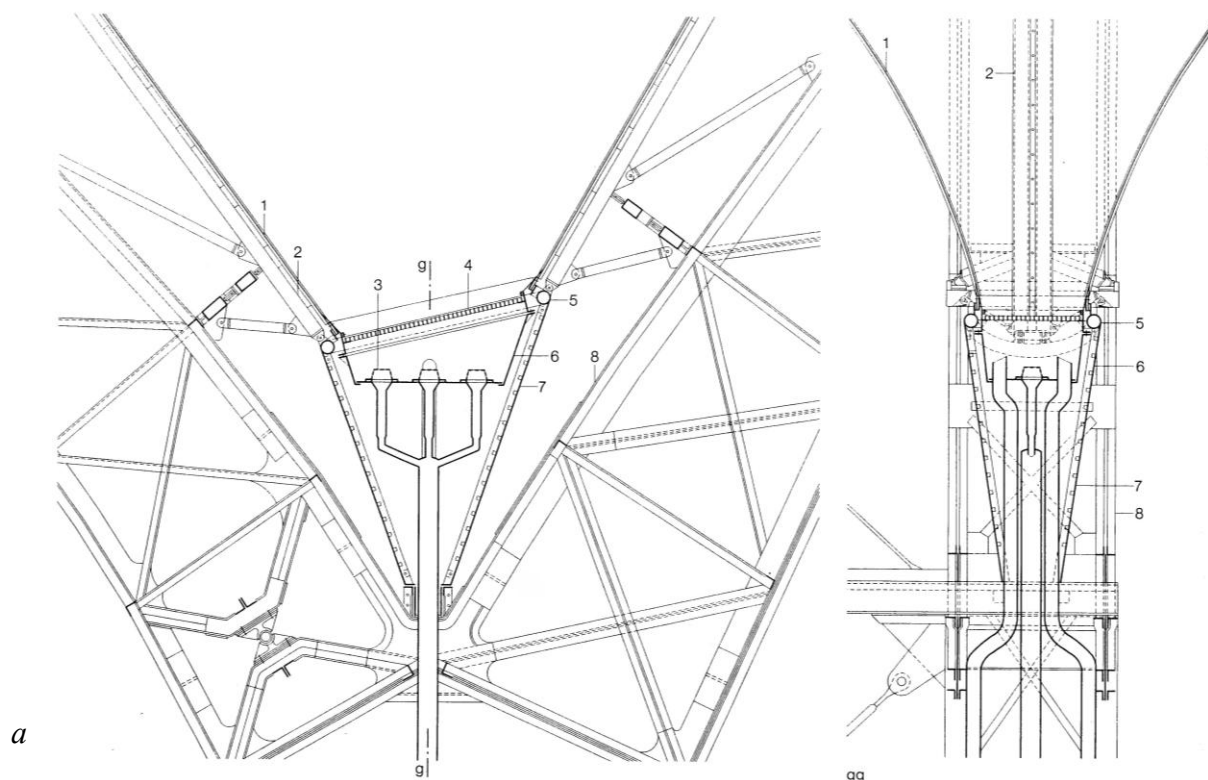


Рис. 9.6: *а* – фрагмент разреза; *б* – вид сопряжения арок с воронками;
 1 – светопропускающая мембрана из стекловолокна заводского изготовления с PTFE-покрытием, 0,8 мм;
 2 – стальная труба для крепления мембраны $\varnothing = 114,3 / 12,5$ мм, CHS;
 3 – водосточная воронка;
 4 – решетка 30 / 30 / 3 мм;
 5 – овальное кольцо – стальная труба $\varnothing = 114,3 / 8$ мм, CHS;
 6 – водоприемная воронка, 6 мм, лист нержавеющей стали;
 7 – облицовка воронки – стальной лист 3 мм;
 8 – верхний пояс объемной, сквозной арки (существующий)

Для оптимизации дренажа стальные трубы, которые воспринимают нагрузки от натяжения мембраны по верху арок, проходят от соответствующих фонарей до овального кольца и до кромки водоприемных воронок. Для определения форм мембраны применялись макеты и компьютерное моделирование.

10. ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ В ЛОНДОНЕ

Архитектор: Аманда Левьет (AL_ A), в 2009 г. они представили свой первый законченный проект – офисное здание на Oxford street.

Самая главная проблема – это плохое освещение в узком пространстве. Большие застекленные области, ориентируемые к небу, врезанные в фасад, максимизируют количество естественного света, доступного на этой узкой улице.

Amanda Levete Architects разработали скульптурный фасад. Несколько типов конструкции были приняты во внимание – в конце концов был выбран алюминий. Почти каждый компонент здания является прототипом. Поскольку для поверхностей свободной формы обычным способом нельзя создать развертки и необходима дорогостоящая 3D разработка индивидуальных компонентов, триангуляция поверхности является очевидным выбором, но сопровождается интенсивным рабочим процессом проектирования.

Для этого здания, площадью 1330 м², был применен метод, заимствованный из кораблестроения: версия комплектов для заказных судов. Этот строительный метод делает возможным построить почти любую кривую поверхность свободной формы, применяя специальные экструдированные алюминиевые профили, которые играют роль досок для обшивки. После того, как эти доски будут установлены в соответствующие места, швы будут сварены и шарниры заделаны эпоксидной составом. Специализированная система была адаптирована к требованиям конструирования зданий и внедрена в управляемое производство, логистический и строительный контекст. Это потребовало разработки опорной структуры, стандартизированной для применения в широких диапазонах с соответствующим соединением элементов индивидуальной конструкции и первичной структуры, создающей возможности для точной регулировки строительных допусков. Подобная ребристой каркасу лодки, полностью специфицированная, система поддерживает геометрию поверхности здания (рис. 10.1–10.3).

Перекрытия решены по стальным продольным и поперечным несущим балкам двутаврового сечения. По верхним полкам поперечных стальных балок, расположенных с меньшим шагом, уложен профилированный стальной настил, используемый в качестве несъемной опалубки, по которому выполнены верхняя часть перекрытия из монолитного бетона и непосредственно конструкции пола на точечных опорах. К продольному стальному двутавру перекрытия, расположенному вдоль наружной стены, и к железобетонному настилу закреплены в поперечном направлении на болтовых соединениях с определённым шагом сварные наклонные консоли треугольного очертания из оцинкованной стали $\delta = 12$ мм, несущие наружные и внутренние конструкции облицовки стенового ограждения. Наклонные консоли и формируют трактовку фасада в виде нависающих волн объёмных световых ловушек – «растопыренных карманов» (рис. 10.4–10.6).

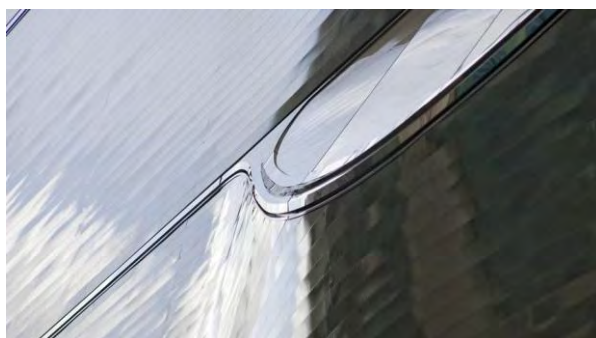
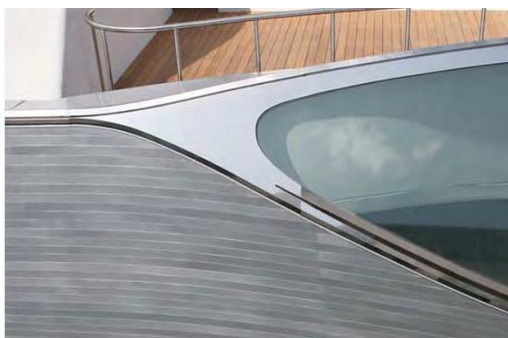
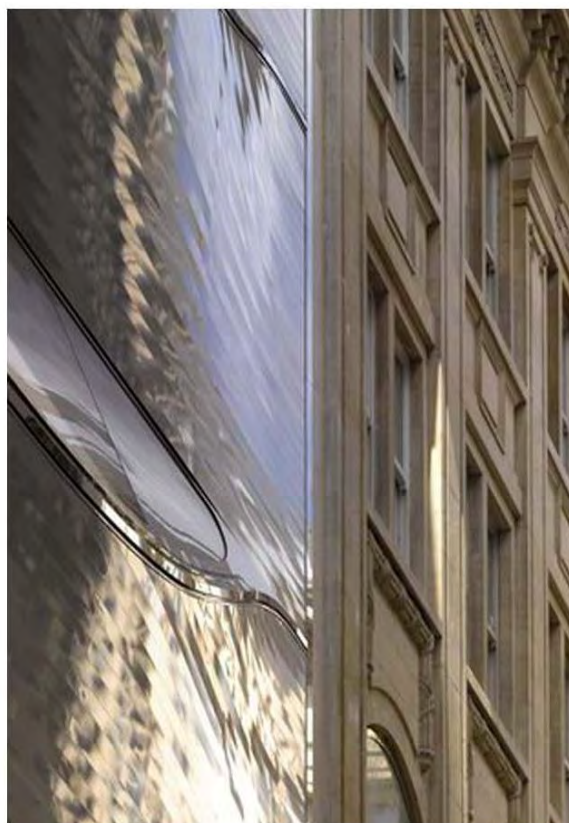
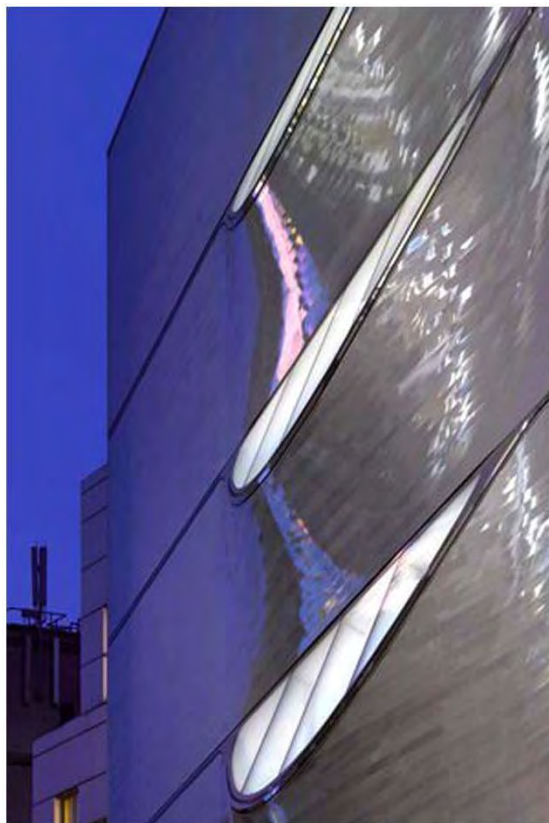


Рис. 10.1. Фрагменты интриги скульптурного фасада офисного здания в Лондоне на Oxford street

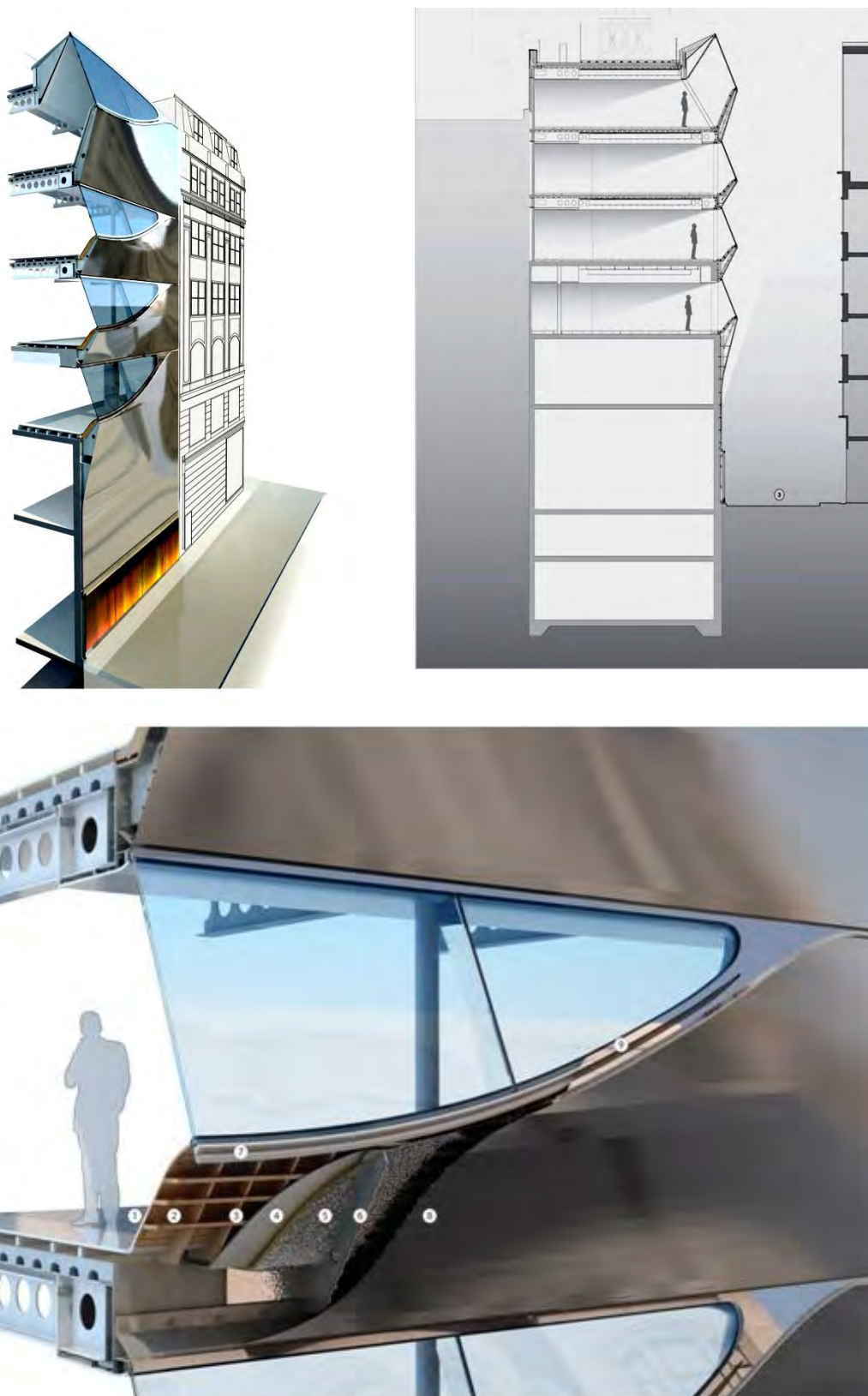


Рис. 10.2. Разрезы и конструкции фасада в стадии разработки: 1 – композитная обшивка с тонкослойным синтетическим покрытием, кремневодородной обработкой поверхности; 2 – обшивка гибкой фанерой, прошедшей обработку теплом и давлением; 3 – каркасы из фанеры; 4 – цементностружечная плита ЦСП; 5 – теплоизоляция; 6 – рёбра из оцинкованной стали; 7 – втиснутый водосточный желоб из нержавеющей стали; 8 – алюминиевая облицовка фасада; 9 – полированные накладки-молдинги из нержавеющей стали

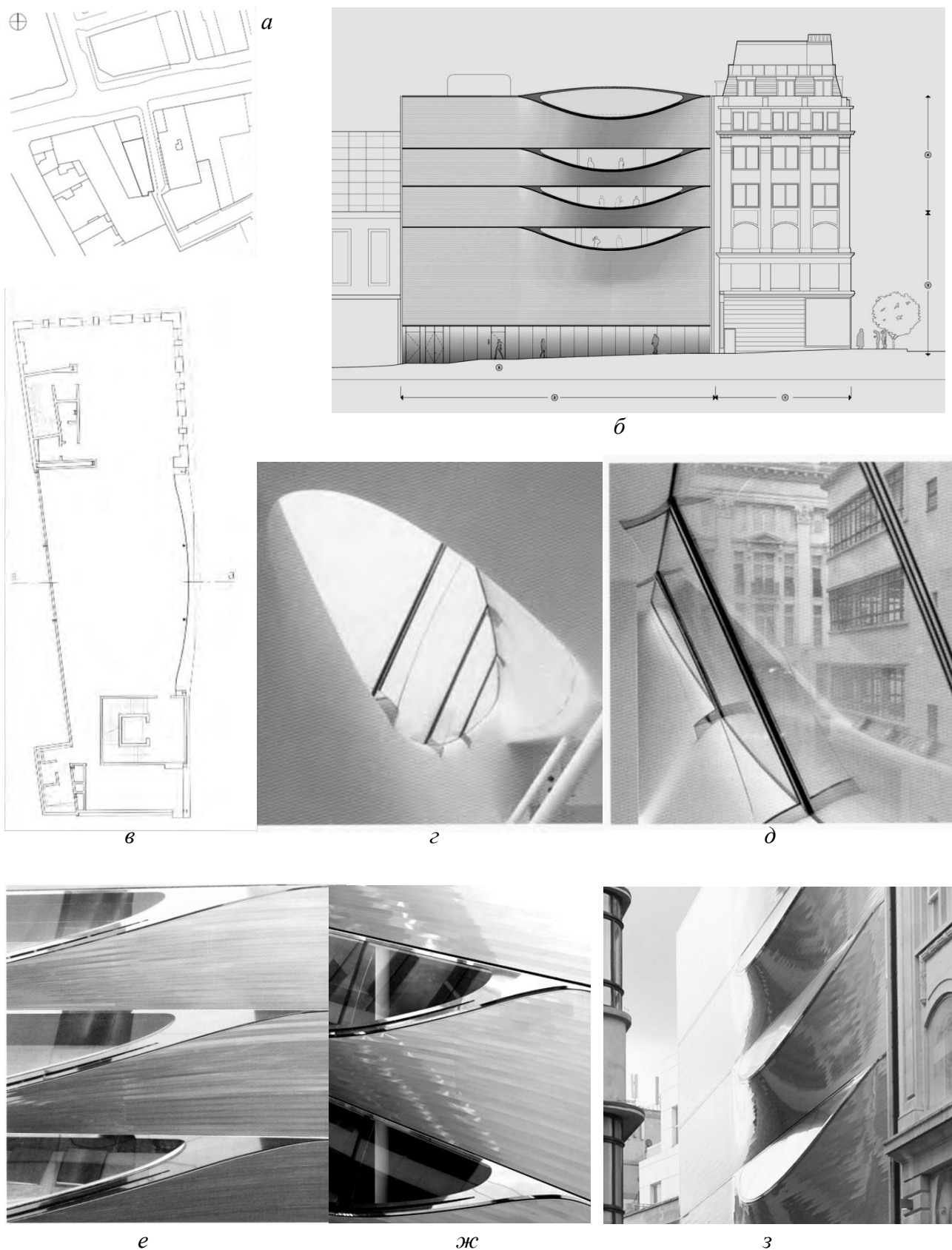


Рис. 10.3. *а* – генплан, *б* – фасад в плотной застройке; *в* – план; *г*, *д* – окна в интерьере;
е, *ж*, *з*, – самая главная проблема – это плохое освещение в узком пространстве



Рис. 10.4. Фрагмент разреза:

1 – листовой алюминий $\delta = 3$ мм с напылением защитного покрытия; теплоизоляция 60 мм (минимум); гидроизоляционная мембрана; 19 мм клееная фанера;

2 – сварное стальное ребро, $\delta = 12$ мм

3 – гибкая обшивка, $\delta = 6$ мм; деревянная обрешётка, брус 34×50 мм; клееная фанера, $\delta = 19$ мм;

4 – опорная оправа 5 мм для стекла из нержавеющей стали, ребро отполированное;

5 – ребро из ламинированного безопасного остекления: 3×12 мм закаленного поэлементно;

6 – однокамерный стеклопакет с нано-покрытием, самоочищающийся, 10 мм закаленное стекло + 16 мм полость + 2×10 ламинированного безопасного стекла;

7 – алюминиевые профили $\delta = 140$ мм предварительно изогнутые с герметичным уплотнением, с производственным отделочным покрытием, закреплённые к несущим конструкциям: алюминиевым направляющим; 8 – теплоизоляция из жесткого пенополистирольного пенопласта, $\delta = 60$ мм; 9 – дренажная труба; 10 – гибкая обшивка, $\delta = 6$ мм; пароизоляция, 120 мм минерального волокна между несущими конструкциями, воздухопроницаемая мембрана 15 мм ЦСП, огнестойкая подконструкция из фанеры, CNC фрезерованной; 11 – светодиодные напольные светильники; 12 – лёгкий настил пола по стальной подконструкции тигельного типа, 140 мм; 13 – накладка из нержавеющей стали, отполированная, $\delta = 2$ мм; 14 – покрытие из твердой древесины, $\delta = 24$ мм, герметизирующий слой, 160 мм теплоизоляция, пароизоляция



а



б

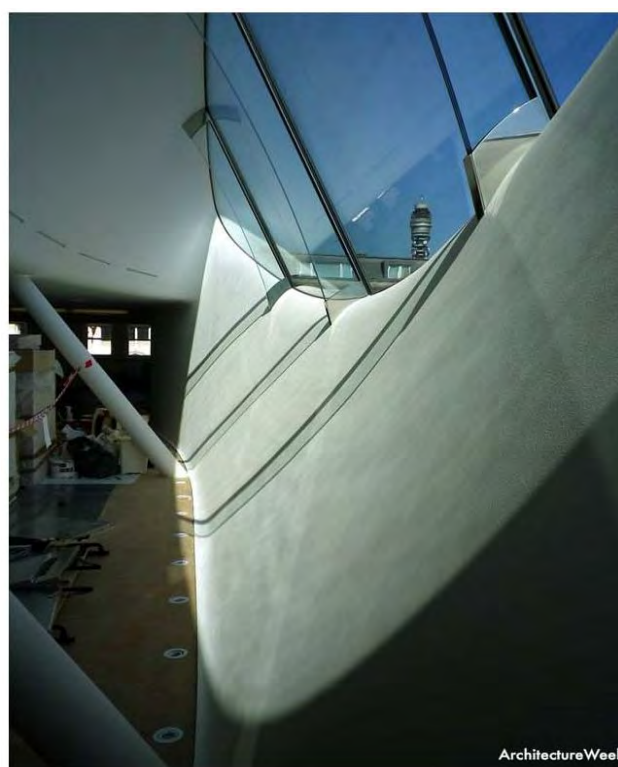


в

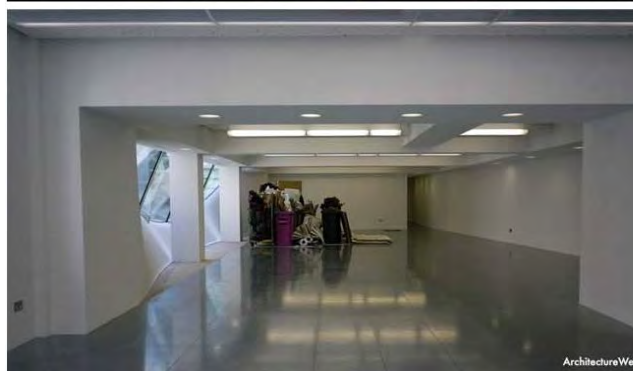
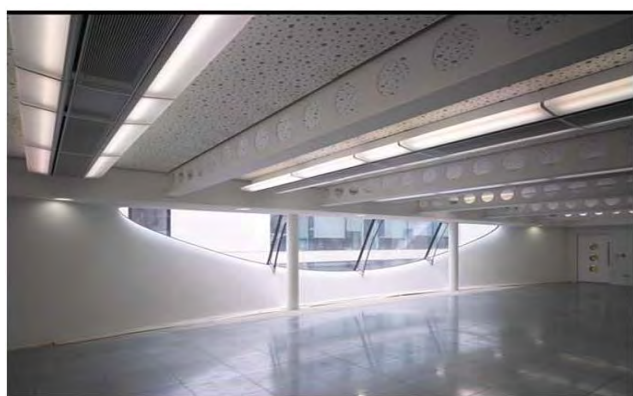
Рис. 10.5: *а* – разработка 3D модели здания; *б, в* – изготовление элементов фасада, применяя специальные экструдированные алюминиевые профили



а



б



в



г

Рис. 10.6: *а, б* – солнечный свет входит в пространство через нависающие волны объёмных световых ловушек – «растопыренных карманов»; *в* – перекрытия по стальным продольным и поперечным балкам двутаврового сечения, по которым уложен профилированный настил; *г* – наклонные колонны и поперечное ребро из ламинированного безопасного стекла с опорной оправой из нержавеющей полированной стали верхнего яруса

ИСТОЧНИКИ

1. Datal.de [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.detail.de>. – Дата доступа: 26.01.2013.
2. Heating and Cooling Facades the Steel Facade of BMW Welt in Munich // DETAIL. – 2007. – №7/8. – p. 836–844.
3. АВТ БАВАРИЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.Bmw.Dp.Ua/news>. – Дата доступа: 2.02.2013.
4. E-architekt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.E-architekt.co.uk>. – Дата доступа: 1.02.2013.
5. Passenger Terminal Complex Suvarnabhumi International Airport Bangkok // DETAIL. – 2006. – №7/8. – p. 810–822.
6. DETAIL. – 2010. – №3.
7. Elbphilharmonie [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://de.wikipedia.org/wiki>. – Дата доступа: 21.03.2013.
8. Elbphilharmonie [Электронный ресурс] <http://www.elbphilharmonie.de/home.en>. – Дата доступа: 12.02.2013.
9. DETAIL. – 2001. – №5. – p. 868–872, 924.
10. Каподиферро, А. Чудеса архитектуры / А. Каподиферро – М. : БММ АО, 2004. – 320 с.
11. Ревзин Г. Тектоника политкорректности 11- ММ1-17.12.2001г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.projektclassica.ru>. – Дата доступа: 27.10.2013.
12. DETAIL. – 1998. – № 7.
13. ПРОЕКТ КЛАССИКА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://projectclassica.ru>. – Дата доступа: 1.01.2013;
14. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia>. – Дата доступа: 18.02.2013.
15. DETAIL. – 2004. – №3. – p. 200–217, 228–230.
16. DETAIL. – 2004. – №5. – p. 510–511.
17. Leutschenbach School, Zurich, Switzerland // DETAIL. – 2010. – №6. – p. 588–592.
18. Refurbishment and Renovation of Dresden's Central Station // DETAIL. – 2007. – № 11. – p. 1312–1316.
19. Office Building in London // DETAIL. – 2010. – №5. – p. 464–468.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОБЩИЕ ДАННЫЕ ОБЪЕКТОВ

Музей академии наук Сан-Франциско, Калифорния, США, итальянский архитектор Ренцо Пьяно (Renzo Piano), открытие: 2008 г.

Центр BMW Welt (Мир БМВ) в Мюнхене. Германия, спроектирован венским дуэтом Кууп Х(Ч)имельбау (Coop Himmelb(l)au), Вольфом Приксом (Wolf D. Prix) и Хельмутом Свицински (Helmut Swiczinsky), открытие: 2007 г.

Пассажирский Терминал-комплекс Suvarnabhumi (Суварнабхуми), Международный Аэропорт Бангкок, Таиланд, архитектор Хельмут Ян (Helmut Jahn), Murphy/Jahn, Chicago/USA в сотрудничестве с конструкторами Вернер Собек и Матиас Шулер, открытие: 2006 г.

Здание Эльбфилармонии (Elbphilharmonie) в Гамбурге, Германия, проект комплекса разработали швейцарские архитекторы Жак Герцог (Jacques Herzog) и Пьер де Мерон (Pierre de Meuron), архитектурное бюро Herzog & de Meuron Architekten), открытие: 2017 г.

Сады Иден в Корнуолл (Cornwall), Великобритания, спроектированы бюро «Николас Гримшоу и партнеры» (Nicholas Grimshaw & Partners), открытие: 2001 г.

Культурный центр Жан-Мари Тжибао (Jean Marie Tjibaou) в Новой Каледонии , архитектор Ренцо Пьяно (Renzo Piano), открытие: 1998 г.

Торговый центр «Селфриджес» (Selfridge's Department Store), Бирмингем, Великобритания, архитектор Ян Каплицки (Jan Kaplicky), Future Systems, открытие: 2003 г.

Школа Лёйтшенбах (Leutschenbach School), в Цюрихе, Швейцария, архитектор Кристиан Кerez (Christian Kerez), Цюрих, инженер-конструктор Dr. Schwartz Consulting AG, открытие: 2009 г.

Восстановление и реконструкция главного вокзала в Дрездене, Германия, архитектор Норман Фостер (Великобритания), компания Foster + Partners , сроки реконструкции: 2001-2007 г.

Офисное здание в Лондоне, Великобритания, архитектор Аманда Левьет (AL_A, Великобритания), открытие: 2009 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МУЗЕЙ АКАДЕМИИ НАУК САН-ФРАНЦИСКО	5
2. ЦЕНТР BMW WELT (МИР БМВ) В МЮНХЕНЕ	13
3. ПАССАЖИРСКИЙ ТЕРМИНАЛ МЕЖДУНАРОДНОГО АЭРОПОРТА В БАНГКОКЕ	25
4. ЗДАНИЕ ЭЛЬБФИЛАРМОНИИ (ELBPHILHARMONIE) В ГАМБУРГЕ.....	35
5. ЭДЕН ПРОЕКТ (БИОМЫ) В КОРНУОЛЛЕ.....	44
6. КУЛЬТУРНЫЙ ЦЕНТР ЖАН-МАРИ ТЖИБАО (JEAN MARIE TJIBAOU) В НУМИИ	51
7. ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР «СЕЛФРИДЖЕС» (SELFRIDGE’S DEPARTMENT STORE) В БИРМИНГЕМЕ	60
8. ШКОЛА ЛЁЙТШЕНБАХ (LEUTSCHENBACH SCHOOL) В ЦЮРИХЕ	67
9. ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГЛАВНОГО ВОКЗАЛА В ДРЕЗДЕНЕ.....	76
10. ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ В ЛОНДОНЕ	85
ИСТОЧНИКИ	92
ПРИЛОЖЕНИЕ	93

Учебное издание

ПИНЧУК Сергей Гаврилович

**СОВРЕМЕННЫЕ
АРХИТЕКТУРНЫЕ
КОНСТРУКЦИИ**

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»
и 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн»

Редактор *О. В. Якушик*

Компьютерная верстка *А. Е. Дарвиной*

Подписано в печать 06.03.2017. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 11,04. Уч.-изд. л. 4,32. Тираж 150. Заказ 3.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.